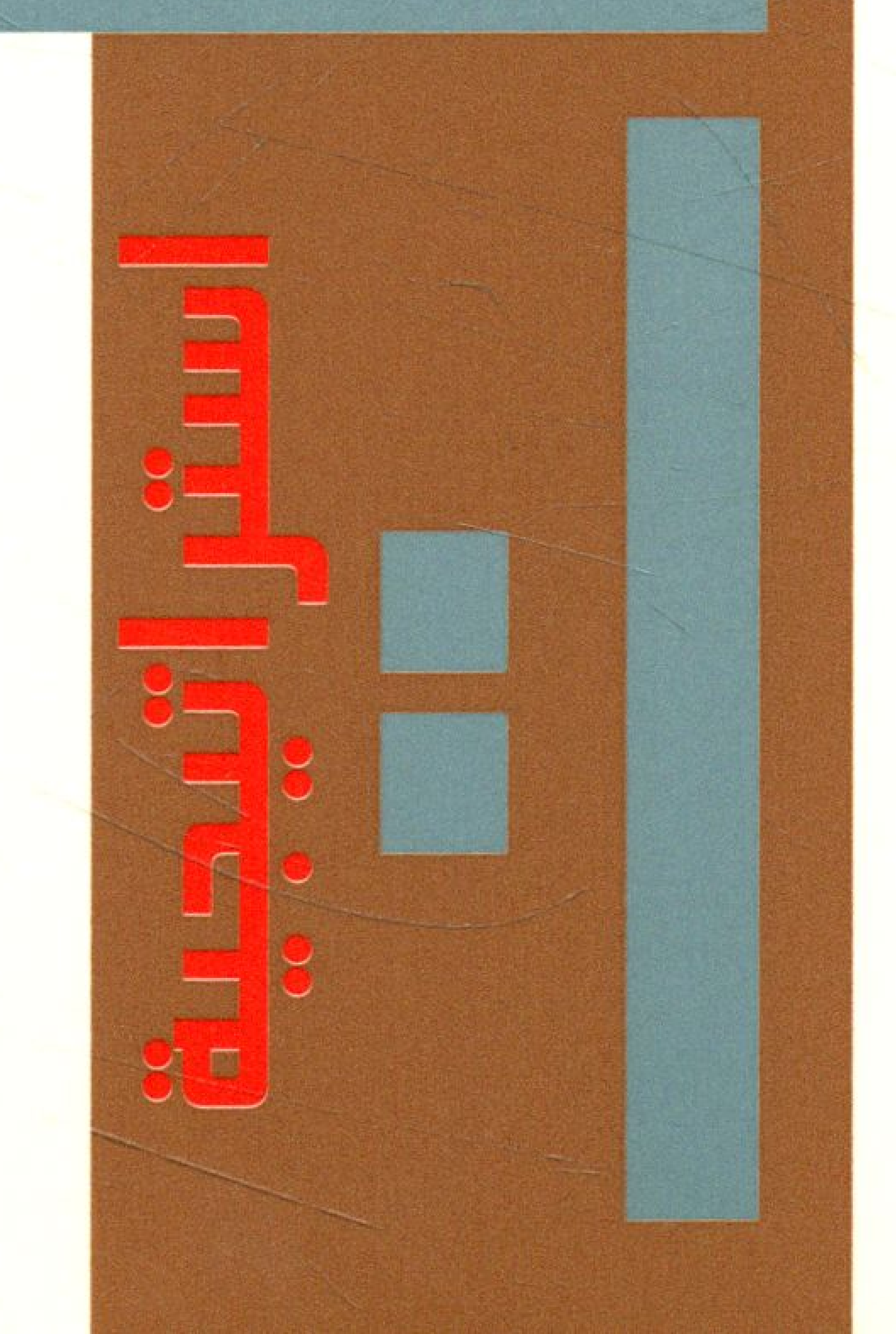
173

عمار محمد سلو العبادي

تقنيات استكشاف النفط والغاز وعوائدها الاقتصادية في منطقة الخليج العربي





مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

تقنيات استكشاف النفط والغاز وعوائدها
الاقتصادية في منطقة الخليج العربي

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

أنشئ مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية في 14 آذار/ مارس 1994، بوصفه مؤسسة مستقلة تهتم بالبحوث والدراسات العلمية للقضايا السياسية والاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ومنطقة الخليج والعالم العربي. وفي إطار رسالة المركز تصدر **دراسات استراتيجية**؛ وهي سلسلة علمية مُحكمة في المجالات السياسية والاقتصادية والاجتماعية.

مدير التحرير: **راشد سعيد الشامسي**

الهيئة الاستشارية:

إسماعيل صبري مقلد جامعة أسيوط
صالح المانع جامعة الملك سعود
محمد المجذوب جامعة بيروت العربية
ماجد المنيف جامعة الملك سعود

دراسات استراتيجية

تقنيات استكشاف النفط والغاز وعوائدها الاقتصادية في منطقة الخليج العربي

عمار محمد سلو العبادي

العدد 173

تصدر عن



مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

محتوى الدراسة لا يعبّر بالضرورة عن وجهة نظر المركز

© مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية 2012

جميع الحقوق محفوظة

الطبعة الأولى 2012

ISSN 1682-1203

النسخة العـــــاديـة: ISBN 978-9948-14-595-0

النسخة الإلكترونيـة: ISBN 978-9948-14-596-7

توجه جميع المراسلات إلى رئيس التحرير على العنوان التالي:

دراسات استراتيجية - مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

ص. ب: 4567

أبوظبي - دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: +9712-4044541

فاكس: +9712-4044542

E-mail: pubdis@ecssr.ae

Website: http://www.ecssr.ae

المحتويات

مقدمة

توجد الهيدروكربونات السائلة والغازية تحت ظروف طبيعية محددة كامنة في صخور القشرة الأرضية، ضمن أعماق متفاوتة وفي ظل ظروف بيئية ومكمنية مناسبة وصالحة لاستمرار خزن تلك المواد، والمحافظة عليها من التلف والضياع، إلى أن يتم العثور عليها بالطرائق المختلفة، ومن ثم إنتاجها. ومع زيادة الطلب على النفط والغاز الطبيعي، شهدت تقنيات الاستكشاف والاستخراج النفطي تطورات عدة، ساعدت على تحديد تراكيب جيولوجية مؤملة جديدة، كما ساعدت على تحديد امتدادات تراكيب مكتشفة سابقاً في الاتجاهين العمودي والأفقي، وعملت على خفض عدد الآبار الفاشلة بعد استكشافها، وكذلك قدمت فهماً أفضل لخواص المكامن.

كأية مادة ناضبة، فإن النفط الخام والغاز الطبيعي يعدان من المصادر الطبيعية المحدودة، وهما في تناقص مستمر نتيجة للإنتاج الذي يقابل الطلب العالمي المتزايد عليهما، لكن هذا الاحتياطي قابل للزيادة أيضاً تبعاً لتطور طرائق الاستكشاف والتنقيب وإدارة الحقول.

تعد دول منطقة الخليج العربية المصدرة للنفط من الدول الكبيرة من حيث احتياطياتها وإنتاجها وتوجهاتها الاستثمارية والتصنيعية في مجال النفط الخام والغاز الطبيعي. وقد دفع ذلك الكثير منها إلى اعتماد التقنيات الحديثة في مجال استكشاف احتياطيات هيدروكربونية جديدة وإضافتها إلى ما هو

متوافر لديها، فضلاً عن تطوير القائم منها. وبحكم إمكانياتها الهيدروكربونية الواسعة والكبيرة غير المكتشفة، فقد سعت هذه الدول إلى الاستفادة من كل ما هو جديد من تقنيات استكشافية متطورة.

يهدف البحث إلى استعراض أحدث تقنيات الاستكشاف والتنقيب المستخدمة في الصناعة النفطية التي طبقت في عدد من دول منطقة الخليج العربية، فضلاً عن تبيان أهم تقنيات الحفر المرافقة للاستكشافات النفطية، والكشف عن تلك التقنيات التي جرى تطويرها في بعض هذه الدول. كما يسعى البحث إلى استعراض أهم المكاسب التي حققتها تلك التقنيات المتمثلة في زيادة حجم الاستكشافات والاحتياطيات الهيدروكربونية المؤكدة، التي تعد وارداتها واحدة من أهم العوائد الاقتصادية لهذه الدول.

تتمحور مشكلة البحث في تبيان أن تقنيات الاستكشاف القديمة المستخدمة في عدد من الدول العربية التي تمتلك احتياطيات نفطية غير مؤكدة أبقت مستويات استكشافها ومن ثم إنتاجها عند حدود متدنية. وأن ابتعاد هذه الدول عن تطوير هذه الاحتياطيات باستخدام التقنيات الحديثة في مجال الاستكشاف، فضلاً عن استخدام التقنيات الحديثة في الحفر المرافق للاستكشاف، سيبقي معامل الاستخلاص فيها عند حدوده الدنيا. وفي المقابل، يفترض البحث أن تقنيات الاستكشاف الحديثة التي استخدمت في عدد من هذه الدول أدت إلى تحقيق النجاحات في مجال استكشاف وإضافة احتياطيات هيدروكربونية جديدة. وقد شملت بيانات البحث المعتمدة في التحليل الفترة 1980–2010.

النفط الخام ومراحل تطور صناعته

أولاً: طبيعة النفط الخام

إن النفط الخام هو مادة هيدروكربونية، أي أنه يتكون من الهيدروجين والكربون بنسب كبيرة، لكن هذا لا يعني اقتصاره على هاتين المادتين فحسب، إذ هناك العديد من المواد التي تسهم في تركيبه وهي الكبريت والنيتروجين والأوكسجين ومركبات الرصاص وشوائب أخرى ولكن بنسب قليلة.

يختلف النفط من حيث شكل المادة؛ فهو يمكن أن يكون في شكل سائل وبلون متنوع بين الأسود والأخضر والبني، وله رائحة خاصة ومميزة، كذلك يمكن أن يكون في شكل غازي (الغاز الطبيعي)، إذ يتكون من مجموعة من العناصر المتمثلة بالميثان والإيثان والبروبين والبيوتان وكذلك عناصر أخرى مثل النيتروجين وثاني أوكسيد الكربون والكبريت ولكن بنسب متفاوتة.

يختلف النفط كذلك من حيث درجات الكثافة التي تتراوح بين 1-60 درجة حسب تقسيمات معهد البترول الأمريكي API: إذ هناك النفط الخفيف الذي تتراوح درجة كثافته بين 34-60 درجة، حسب مقاييس المعهد، ويعطي هذا النفط كميات كبيرة من المنتجات المكررة الخفيفة المتمثلة بغاز البترول وبنزين الطائرات وبنزين السيارات والكيروسين، وهناك النفوط متوسطة الكثافة التي تتراوح درجة كثافتها بين 28-34 درجة، والتي تعطي كميات

كبيرة من المنتجات المكررة المتوسطة المتمثلة في زيت الغاز وزيت الديزل وزيوت التشحيم، وأخيراً النفوط الثقيلة التي تتراوح درجة كثافتها بين 1-28 درجة، التي تعطي كميات كبيرة من المنتجات المكررة الثقيلة المتمثلة بزيت الوقود والإسفلت والشمع.[1]

ثانياً: الاحتياطيات النفطية

إن النفط الخام، كأية مادة ناضبة أخرى، يعد أحد المصادر الطبيعية الناضبة (كميات النفط الموجودة في الآبار)، فالاحتياطيات العالمية منه (وهي التي يمكن استخراجها بتكاليف وأسعار معينة) المثبت منها والموجودة، بحسب الإصدارات الإحصائية لمنظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك" في عام 2010، تقدر بنحو 1467 مليار برميل من النفط الخام المثبت، إن هذه الكمية تنقص باستمرار نتيجة للإنتاج المتزايد الذي بلغ نحو 82.095 مليون برميل يومياً على مستوى العالم في عام 2010. ولكن هذا الاحتياطي قابل للزيادة أيضاً تبعاً لتطور طرائق التنقيب والإنتاج وإدارة الحقول، فلقد كان معدل الاستخلاص في العقود الأولى من القرن العشرين نحو 15٪، أي أن 15٪ فقط من الكمية الموجودة في باطن الأرض القابلة للإنتاج، وهذا هو التعريف المبسط للاحتياطي المثبت.[2]

أما التعريف الاقتصادي للاحتياطي المثبت فهو الاحتياطي الذي يشتمل على أنواع ثلاثة من الاحتياطي وهي: الاحتياطي المحقق (وهو ما يمكن استخراجه بحسب الظروف الاقتصادية من أسعار وتكاليف) المقيس بموجب

المسح الجيولوجي الأمريكي، فضلاً عن الاحتياطي المحتمل الدالة عليه المسوحات الجيولوجية، وأخيراً الاحتياطيات المستنتجة أو الممكنة. وإن قابلية الاستخراج تزداد كلما اقتربنا من الاحتياطيات المحققة،[3] كما أن انتقال النفط والغاز غير المكتشفين من قاعدة المورد لإدراجهما ضمن الاحتياطيات المثبتة المتاحة يتوقف على نسيج معقد من الحوافز والجهد والتقنية.[4]

ثالثاً: مرحلة الاستكشاف والتنقيب عن النفط الخام

تعد الصناعة النفطية سلسلة من العمليات أو المراحل المترابطة التي تبدأ بمرحلة الاستكشافات النفطية، تعقبها مرحلة الإنتاج النفطي، ثم مرحلة النقل، تأتي بعد ذلك مرحلة التكرير، وتنتهي هذه الصناعة بمرحلة توزيع المشتقات النفطية. إن اهتمامنا سيركز على مرحلة الاستكشاف وما تتضمنه من عمليات حفر مرافقة للاستكشاف، مع استعراض لأهم التقنيات المستخدمة في هذه المرحلة من حيث نتائج تطبيقها في عدد من دول منطقة الخليج العربية ومردودها الاقتصادي.

كان نمو الصناعة النفطية بطيئاً نوعاً ما في القرن التاسع عشر الميلادي، إذ كانت هذه الصناعة محكومة بالمتطلبات المحدودة للكيروسين ومصابيح الزيت، أما في بداية القرن العشرين فقد أصبحت مسألة الاهتمام بالصناعة النفطية في الولايات المتحدة الأمريكية مسألة قومية، بخاصة مع بداية استخدام محركات الاحتراق الداخلي مما أدى إلى زيادة طلب الصناعة على النفط.

مع ذلك لاتزال طرائق البحث عن النفط معقدة وتتطلب إنفاقاً طائلاً، إذ بلغت هذه الطرائق تطور تقنياً كبيراً في إجراء المسح الزلزالي أو المغناطيسي أو الكهربائي "براً وبحراً وجواً"؛ إذ تقدمت هذه الطرائق من خلال استخدام الحاسبات الآلية التخصصية. إن تحركات الطبقات الأرضية وما تحدثه من صدوع وأخاديد وطيات وتفاعلات تؤدي إلى اختلافات كثيرة في خصائص الصخور حتى في المناطق المتجاورة، ولا يعني وجود التراكيب الجيولوجية بالضرورة وجود النفط فيها، كما أن جميع طرائق الكشف المتاحة حتى الآن لا تستطيع أن تجزم بوجود تجمعات نفطية في مسام الصخور الرسوبية الأولية أو الثانوية في منطقة معينة، إذ توجد هذه التجمعات مع مواد أخرى أهمها المياه الجوفية وأنواع شتى من الشوائب، وعلى هذا لا يشغل النفط مائة في المائة من حجم المسامية المتاحة في المصائد النفطية سواء أكانت تركيبية أم ترسيبية.

من جهة أخرى فإن كمية النفط الموجودة في طبقة صخرية ما لا تمثل غالباً إلا جزءاً صغيراً من الحجم الكلي للطبقة الحاملة للنفط، كما أن طبيعة التشبع النفطي في مسام الطبقات الرسوبية يسمح بقابلية عالية لاستخراج كمية معينة من النفط، بينما توجد كمية أخرى ملتصقة بأسطح الحبيبات المكونة للصخور التصاقاً قد يكون كيميائياً ولا يمكن استخراجها إلا بإجراء عمليات عالية التكلفة لتغيير خصائص هذا الالتصاق. من هنا لابد من حفر آبار الاستكشاف لتقييم حقل النفط من حيث مدى إمكانية الاستخراج وحجم الخزان النفطي، ومدى إمكانية تنمية هذا الكشف وتجميع البيانات الإضافية للمكمن الجوفي.

منـذ بدايـة الصناعـة التجاريـة النفطيـة في الولايـات المتحدة الأمريكية كـان هنـاك اهتمام بالخريطـة النفطية، فقـد قـال جـي. بي. وودوورث J. B. Woodworth في عام 1894 ما يأتي: إن ابداع المسح الجيولوجي هو الخريطة، التي هي قصة تخطيطية من النتائج المتحققة عن طريق المجموعة التي شاركت في بنائها، ويظهر من خلالها مقدار ما تم إحرازه مـن تقـدم في تحديـد حـدود الموارد الطبيعية للدولة، كما أنها تعطي تفسيراً لعمر الصخور، فضلاً عن أنهـا تبين علاقة هذه الصخور ببعضها البعض، فهي تكشف التاريخ الجيولـوجي للمنطقة وتشكل ملحقاً لا غنى عنه للتقرير المرافق لها.[5]

تبدأ عملية التنقيب عادةً بعد اكتمال الدراسـات الجيولوجيـة، إذ يجـري الجيولوجيون دراسات ميدانية لتحديد حجم الأحواض الرسـوبية وعمرهـا وتركيبهـا، وحالمـا يـتم تحديـد مقـاس وشـكل الأحـواض الرسـوبية يبـدأ الجيوفيزيائيون أعمال التنقيب الزلزالية التـي تـسمح للعلـماء المتخصـصين في علم الأرض بوضع خرائط لطبقات الصخور الموجودة في باطن الأرض.

يقوم الجيولوجيون بعد ذلك بإعداد خرائط لسطح الأرض لأن تركيبـة الطبقة الأعمق من الحوض قد لا تكون واضـحة، لـذا فـإنهم سيـستخدمون المسح الزلزالي الثنائي الأبعاد لتحديد شـكل الحـوض؛ إذ إن المـسح الزلـزالي الأولي الذي يتضمن الخطوط الزلزالية المتباعدة بأميال كثيرة عن بعضها يظهر الطبقات الأكبر في الحوض، فيجرى بعد ذلك المزيد من الدراسات الزلزاليـة في شكل شبكة من الخطوط الثنائية الأبعاد المتباعدة بأميال قليلة عـن بعـضها

لإعداد خرائط أكثر تفصيلاً لتلك التركيبات، بعدها يستخدم الجيولوجيون هذه البيانات للتعرف على التركيبات التي قد تحتوي على النفط الخام والغاز، وفي نهاية هذه المرحلة يتم حفر البئر الاستكشافية الأولى.

يبدأ البحث عن النفط عن طريق الحفر الاستكشافي الذي عادةً ما تدعمه الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية. إن بعضاً من الآبار الاستكشافية تنجح بينما تفشل الأخرى، والحصيلة هي عدد من الثقوب الجافة ومجموعة من الاكتشافات النفطية مختلفة الأحجام وخصائص الإنتاج.

تعد البئر الاستكشافية البئر الأولى التي تحفر في المنطقة، فهي كما يدل اسمها قد تكون حاوية للنفط أو تكون خالية منه؛ وذلك يرجع إلى أسباب فنية وجيولوجية تأتي أهميتها من:[6]

1. أنها المنفذ الأول الذي يربط بين الصخور الظاهرة المستترة أو السطحية.

2. أنها تعطي معلومات جديدة غير متوافرة عن أصول الطبقات وصفاتها ومحتوياتها.

3. أنها تكون أساساً لاختيار مواقع لآبار استكشافية أخرى في حال فشل التجربة الأولى في العثور على النفط.

إن عدداً من هذه الآبار تكون مربحة، ومن ثم يتم المضي قدماً في عملية التطوير والاستغلال، بينما يكون عدد آخر منها هامشياً من حيث قدرتها

الإنتاجية لذلك فهي تركن جانباً، وربما ينتعش من خلال إجراء بعض التطوير على أدائها مستقبلاً باستخدام تقنيات حديثة. وهكذا، فإن الحصيلة المتوقعة عند نقطة الاستغلال تحدد القيمة الاقتصادية للاكتشافات الجديدة المتوقعة، وهذا بدوره يوفر الحافز على النشاط الاستكشافي الذي يبدأ عنده كل شيء.[7]

قد تحتوي البئر الاستكشافية الأولى على النفط الخام أو الغاز وهي تستخدم في العادة من قبل المتخصصين في دراسة سطح الأرض لإنزال أدوات التسجيل داخل البئر، وذلك لقياس خواص الصخور السفلية وتجميع عينات الصخور والعينات الجوفية من أعماق معينة. وباستخدام تلك البيانات يستطيع الجيولوجيون تصحيح نظرياتهم المتعلقة بعمر الحوض وأفضل البيئات التي يوجد فيها النفط الخام.

يزداد معدل الاكتشاف في مرحة الحفر الثانية، إذ يتم الحصول على بيانات جيولوجية أكثر تفصيلاً تفيد في تصحيح نظريات تكوّن النفط وانتقاله، في هذه الجولة من الاستكشاف الزلزالي يتم غالباً استخدام أسلوب أكثر تطوراً يطلق عليه اسم "الاستكشاف الزلزالي الثلاثي الأبعاد"، وهو أكثر تركيزاً من أسلوب المسح الزلزالي الثنائي الأبعاد؛ إذ إنه يعطي المزيد من المعلومات ولكنه أكثر تكلفة، كونه يستخدم للحصول على خرائط مفصلة للتركيبات المطلوبة.

في المرحلة الثانية من الاستكشاف يمكن استخدام أسلوبي المسح الزلزالي الثنائي والثلاثي الأبعاد معاً لمعرفة أماكن التركيبات التي دلت

الدراسة الجيولوجية على أنها تحتوي على صخور بها مواد هيدروكربونية، ويستمر التنقيب الزلزالي والحفر بهذه الطريقة التكرارية إلى أن يتم اكتشاف النفط. وحالما يتم تحديد موقع النفط، فإن الأمر يتطلب حفر آبار تحديدية لتعيين مقاس وشكل المكمن أو الحقل.

تبدأ مرحلة التعرف على خصائص المكمن وتطويره بعد اكتشاف النفط الخام وحفر الآبار التحديدية للحقل النفطي، بعدها يعمل خبراء إعداد نماذج المكامن المفصلة مع مهندسي النفط والمتخصصين في أعمال الحفر لتحديد مواقع الآبار اللازمة لتصريف محتويات الحقل.

عند إجراء المسح الزلزالي للأهداف العميقة، فمن المعروف أن الحصول على البيانات الزلزالية ومعالجتها يلعب دوراً في عملية التحديد البنيوي والطبقي للمناطق المستهدفة، إلا أن دقة نتائج هذه العمليات تتضاءل كلما ازداد العمق لأسباب عدة؛ ففي الآفاق العميقة تحتاج عملية تجميع بيانات نقطة العمق العامة إلى إزاحات كبيرة (وهذا يحتاج إلى كبْل طويل في حال المسح البحري)، والى سرعات زلزالية صحيحة يمكن أن تكون مختلفة بالاتجاهات الجانبية، كذلك فإن هناك حاجة إلى سرعات صحيحة لتحويل المقاطع الزلزالية الزمنية إلى خريطة أعماق كنتورية.

إن دقة المسح الزلزالي وكذلك نسبة الإشارة إلى الضجيج تصبح أكثر ضعفاً كلما ازداد العمق، وذلك نتيجة لامتصاص الصخور السميكة التي تغطيها للذبذبات العالية التردد مما يؤدي إلى خلق مشاكل خطيرة في تفسير

النتائج، خاصة إذا كانت الآفاق المستهدفة محتوية على صدوع. لكن يمكن تخطي هذه الصعوبات جزئياً عن طريق ترحيل البيانات الزلزالية، كما يمكن إجراء تحسينات رئيسية باستخدام طريقة المسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد التي وإن كانت باهظة التكلفة، إلا أنها تؤدي إلى تحسينات مثيرة في دقة المسح الزلزالي، سواء أكان ذلك في الأعماق أم في الامتداد الجانبي. عند استخدام المسوحات الزلزالية الثلاثية الأبعاد، فإنه يمكن تحديد المجالات المسامية من التغيرات في مواصفات أو سعة الانعكاس الزلزالي المقابل، وبما أن هذه المجالات المسامية ربما تكون قد حفظت بسبب وجود مواد هيدروكربونية، فإن تغير تلك المواصفات قد يكون مؤشراً على وجود هذه المواد.[8]

إن الركود العالمي الحاد في صناعة الاستكشاف والاستخراج النفطي خلال العامين 1998 و1999 كان قد لوحظ عند وصول أسعار النفط إلى أدنى مستوى لها منذ 27 عاماً، إذ وصل سعر برميل النفط إلى نحو 10 دولارات للبرميل الواحد، كذلك فان مستويات حفر الآبار في الولايات المتحدة الأمريكية قد وصلت إلى أدنى نقطة لها منذ 66 عاماً. كما أن الإنفاق العالمي على الاستكشاف والاستخراج النفطي انخفض بنسبة 30٪ ليصل إلى 110 مليارات دولار، وعند ارتفاع أسعار النفط من 18 دولاراً للبرميل في حزيران/ يونيو 1999 إلى 27 دولاراً للبرميل في كانون الثاني/ يناير 2000، فإن الحفر في الولايات المتحدة نما بمعدل 46٪، كما أن الإنفاق على الاستكشاف والاستخراج النفطي ازداد ليصل إلى 200 مليار دولار.[9]

يلاحظ في المملكة العربية السعودية أنه لم يكن لعامل الارتفاع أو الانخفاض في أسعار النفط – ومن ثم ما يقود إليه من تذبذب في العوائد النفطية للمملكة – أي دور مؤثر في جهود الاستكشافات النفطية الجديدة في السعودية، نظراً لما تتطلبه من تمويل، بل على العكس وجد أن أغلب هذه الاكتشافات وما أضافته إلى الاحتياطيات النفطية للمملكة، كانت في أوقات شهدت فيها الصناعة النفطية السعودية انخفاضاً في الأسعار العالمية للنفط الخام.[10]

أخيراً يمكن القول إن استكشاف الموارد الناضبة يعد أمراً قيماً، وذلك لأنه ينتج معلومات عن خزين المورد (على سبيل المثال الحجم والموقع والنوعية)، ومع توافر معلومات أفضل حول الكمية الحقيقية للخزين فإن الشركات يمكن لها أن تختار خطة استخراج قد تنتج أرباحاً عالية متوقعة.[11]

تقنيات استكشاف النفط الخام والغاز الطبيعي

أولاً: استكشاف النفط والتراكيب الجيولوجية

إن أية سياسة طاقة متماسكة لا يمكن أن تكون ناجحة من دون أن تأخذ في الحسبان الموارد المتاحة، ومسألة عدم التأكد أو اللايقين (السائدة في الصناعة النفطية) هي من الأمور الرئيسية التي تزيد من صعوبة هذه المهمة، أما مشكلة ابتكار استراتيجيات للحفر لغرض استكشاف النفط فتقع ضمن هذا الاهتمام.[12]

لاستكشاف النفط، يجب البحث عنه ضمن مناطق وجوده، إذ إن النفط يوجد ضمن مناطق محددة أو صخور معينة أو أعماق متقاربة أو عصور جيولوجية محددة، ومن ثم يتطلب العثور على النفط دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض وتراكيبها الجيولوجية بحثاً عن الأحواض الرسوبية والمكامن النفطية المحتملة فيها، سواء أكان ذلك على اليابسة أم تحت سطح البحر، بل وتحت الجليد في شمال الكرة الأرضية وجنوبها.

يتطلب التنقيب عن النفط استثمارات مادية كبيرة وخبرات تقنية متطورة وتمويلاً مستمراً لخطط الاستكشاف فضلاً عن تكامل عناصر تعدين النفط وصناعته ونقله وتسويقه، إن هدف التنقيب الواضح هو البحث عن مكامن تجمع النفط باستخدام مختلف أنواع المسح والكشف عنه جوياً وأرضياً وجوفياً، ويعد الرشح النفطي مؤشراً إيجابياً لتحديد أغلب مناطق التنقيب، إلى جانب البحث عن النفط في مصائد بنائية معينة كالطيات المحدبة والقباب.

سنبدأ في هذا القسم بدراسة الجوانب الأكثر تحديداً وتفصيلاً لعمليات التنقيب والتطوير الخاصة بالنفط، وهي أنشطة مستمرة ومتكررة تبدأ بدراسات مبدئية يجريها الجيولوجيون للأحواض الرسوبية.

تشمل تقنيات التنقيب المسح الجيولوجي الطبقي Stratigraphic Survey الذي تستخدم فيه أدوات الاستشعار عن بعد مثل الصور الجوية الرادارية والتصوير بالأقمار الصناعية، إلى جانب الدراسات الميدانية بهدف تحديد

العناصر الجيولوجية الرئيسية في مناطق معينة وأنـواع صـخورها وامتـدادها السطحي وتراكيبها المتنوعة ورسم خرائط جيولوجية لها وتقـدير احـتمالات تكون النفط في طبقات رسوبية معينة وترتيبهـا وأعماقهـا وسـمك الطبقـات الخازنة المحتملة وعدد من خصائص المصائد النفطية. وحالما يتم التعرف على بيانات تلك الأحواض وعلى إمكانية وجود المواد الهيدروكربونية فيها، يقـوم الجيوفيزيائيون في تجميع البيانات الزلزالية التي تفسر المصدر الرئيسي لبيانات التنقيـب المتعلقـة ببـاطن الأرض. إن مرحلـة المـسح الجيوفيزيـائي تتـسم باستخدام الطرائق الزلزاليـة والجاذبيـة والمغناطيـسية والمقاومـة الكهربائيـة والاستقطاب المستحث والجهـد الـذاتي والإشـعاع الإلكـترو- مغناطيـسي، لتحديد أهم الخواص الطبيعيـة للـصخور مثـل الكثافـة والمـسامية والمرونـة والسعة الكهربائية والصفات المغناطيسية. وباستكمال الدراسات الكيميائيـة للصخور، فإنه أصبح بالإمكان معرفة مدى احتوائهـا عـلى المـواد العـضوية المولدة للنفط، وهكذا تُعرف مؤشرات وجود خزانـات نفطيـة كـبرى، مثـل وجود صخور مسامية ترتفع بهـا نـسبة الهيـدروكربونات، وتتحلـل موادهـا بسرعة تحت تأثير عوامل التجويـة الكيميائيـة مـن رطوبـة وجفـاف وتجويـة عضوية. إذن من خلال مشاهدات الصخور والآبـار والجيوفيزيـاء بطرائقهـا المختلفة، فإنها اليـوم تقـدم وسـائل عمليـة لدراسـة تكـوين بـاطن الأرض وتركيبه، ومع ذلك لا تـستطيع جميـع الدراسـات الجيولوجيـة الجيوفيزيائيـة والجيوكيميائية أن تحدد بدقة مواقع تجمعات النفط والغاز مهما كانت شمولية تلـك الدراسـات، إذ لابـد مـن الحفـر فهـو العامـل الحاسـم في استكـشاف النفط.[13] بعد أن يـتم تحليـل البيانـات والتعـرف عـلى احـتمال وجـود المـواد

الهيدروكربونية، يبدأ الحفر الاستكشافي لتحديد موقع المكامن، وتتضمن أعمال التطوير الحصول على معلومات تفصيلية عن المكامن المختلفة في الحقل الواحد، حتى يمكن إدارتها بشكل يضمن توافر أفضل قدرات الاستخلاص والاستمرار في ذلك إلى وقت النضوب الكامل للحقل وتوقف عمليات الإنتاج.

ثانياً: التقنيات المستخدمة في استكشاف الهيدروكربونات

خلال العقود القليلة الماضية قام عدد من شركات النفط العالمية بالمساهمة الفاعلة في تطوير وسائل جديدة لاستخدامها في عمليات استكشاف النفط الخام والغاز الطبيعي في مناطق مختلفة من العالم، ومن بينها بعض المناطق في الدول العربية، فقد كان الدافع وراء هذه الجهود رغبة تلك الشركات في زيادة احتياطي النفط والغاز الطبيعي، وتحسين معدل إنتاج آبارها المنتجة مع تقليل تكاليف عمليات الاستكشاف والإنتاج.

اتفق الخبراء في هذا المجال على أن التحسينات التقنية هذه كانت هي العامل الأساس في زيادة احتياطي النفط والغاز الطبيعي عالمياً، من حيث زيادة الحصيلة النهائية للنفط ورفع معامل الاستخلاص، كما أسهمت هذه التطورات التقنية بصورة واضحة في تقليل تكاليف عمليات الاستكشاف. في ضوء تطورات صناعة النفط في المنطقة العربية التي تتمثل بدخول عدد كبير من التقنيات التي ساعدت في تحسين الأداء ورفع الكفاءة في عمليات استكشاف النفط والغاز الطبيعي، فقد أحدث هذا التطور زيادات ملحوظة

في كل من احتياطيات النفط والغاز الطبيعي في الدول المنتجة للنفط موضوع العينة في هذه الدراسة.

تتنوع الطرائق المتبعة لاستكشاف النفط والغاز الطبيعي بين أساليب فنية عدة ، تمكن من الحصول على المعلومات الفيزيائية للتكوينات الجيولوجية وملاءمتها بالخواص المطلوبة لتجمع النفط، ومن خلال تحليل تلك المعلومات يتم تحديد مواقع الآبار الاستكشافية وحفرها. وتتنوع طرائق الاستكشاف ما بين:

1. المسح الجيولوجي الطبقي[14]

اكتشفت أول بئر نفطية في الولايات المتحدة الأمريكية في ولاية فرجينيا في عام 1806، كما تم حفر أول بئر متكاملة في مدينة تيتوسفيل Titusville بولاية بنسلفانيا، تلا ذلك اكتشاف أول حقل بترولي دون البدء بشواهد الرشح، وذلك بالاعتماد على الدراسات الجيولوجية الميدانية في مقاطعة كوشينج في أوكلاهوما من خلال الحفر في ثنية أو طية محدبة.

في أوائل القرن العشرين كانت مناطق التنقيب عن النفط هي التي تظهر فيها شواهد نفطية مثل البقع الزيتية وتسرب الغازات وبعض الصخور الإسفلتية التي تكشفها عوامل التعرية، ثم بدأ الاعتماد على أجهزة قياس المغناطيسية الأرضية لتحديد الاختلافات الصغيرة أو الطفيفة في المجالات المغناطيسية للتراكيب الصخرية، حتى يمكن الاستدلال على بنية الطبقات

ومعرفة نوعيات التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية، وإنشاء خطوط الكنتورات تحت السطحية وتحديد مناطق الثنيات أو الطيات الصخرية المحدبة والمقعرة وسمك بعض الطبقات الرسوبية فيها.

ومع التطور المستمر في تقنيات التنقيب عن النفط يجري حالياً قياس المغناطيسية الأرضية عن طريق المسح الجوي الذي يتيح شمول مساحات كبيرة، فضلاً عن الوصول إلى مناطق صعبة طبوغرافياً يصعب الوصول إليها حالياً باستخدام وسائل وطرائق النقل المتاحة. يعد التصوير الطيفي بالأقمار الصناعية ومنها سلسلة لاندسات التي أطلق أولها في عام 1972 من أحدث طرائق المسح الجيولوجي (استخدمت صور أقمار لاندسات لحوض أناداركو Anadarco Basin الممتد بين ولايتي أوكلاهوما وتكساس لتحديد 59 حقلاً نفطياً منتجاً، كما استخدمت صور لاندسات في حقول خمسة في العالم العربي هي حقل الغوار السعودي وحقل البرقان الكويتي وحقل بزركان العراقي وحقل المسلة الليبي وحقل البرمة التونسي) لدراسة ثروات الأرض المعدنية والنفطية التي يمكن بواسطتها تحديد مناطق تسرب النفط إلى السطح، فضلاً عن تحديدها لأماكن الصدوف والطيات والطبقات الأرضية للإقليم.

يمكن تدقيق المعلومات المرجحة عن التراكيب الجيولوجية بواسطة أنظمة التصوير الراداري المحمولة بواسطة الأقمار الصناعية، التي تعمل ليلاً ونهاراً ولا تتأثر بالسحب وتتيح تحديد الأحواض الرسوبية والاختيار السليم لمواقع المسح الجيوفيزيائي الذي يعقب المسح الجيولوجي. تتكامل أعمال

التصوير والاستشعار عن بعد مع الدراسات الجيولوجية الميدانية على الأرض، ومع الاستعانة بالصور الجوية وتطوير الخرائط الجيولوجية من حيث التراكيب ونوعيات الصخور وأعمارها المختلفة والتضاريس واتجاهات ميول الطبقات والطيات والفوالق، ترسم خرائط وقطاعات عرضية لامتداد الصخور الظاهرة على سطح الأرض وتحته، كما تجمع العينات من مختلف الصخور لتحليلها، وبذلك تتهيأ قاعدة من المعلومات لاستكمال أعمال استكشاف النفط.

يرصد الرشح النفطي في العمل الميداني الذي قد يتخذ شكل طبقة نفطية رقيقة فوق سطح عين أو بحيرة أو نهر، أو قد يأخذ صورة تسربات بسيطة من الصخور المسامية السطحية المتشققة، كما قد يبدو في صورة بحيرة صغيرة من القار، وقد تخرج المواد الإسفلتية على شكل تجمعات لدنة وأغشية رقيقة فوق صخور سطح الأرض كما هو موجود في إقليم بوريسلان غرب أوكرانيا.

يشمل المسح الجيولوجي الطبقي الأولي استخدام مقياس الجاذبية الأرضية Gravimeter للتعرف على مواقع الصخور وكثافاتها، فضلاً عن استنتاج عدد من المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للمكامن والمصائد النفطية.

2. المسح الجيوفيزيائي

يعد المسح الجيوفيزيائي الأداة العملية لاستكمال المعلومات المفيدة وتدقيقها عن بنية الطبقات وتراكيب المكامن النفطية، كما أنه أداة تستخدم

للحصول على هذه المعلومات في مناطق صعبة التضاريس مثل المناطق البحرية والصحاري الجليدية القطبية ومناطق البراكين، ومع التطور الكبير الذي شهدته تقنية المعلومات فقد أوجدت الحاسبات الآلية قدرات أفضل في معالجة المعلومات الجيوفيزيائية، مثلما تطورت استخدامات الفضاء في الكشف عن الثروات النفطية والمعدنية. وتشمل الطرائق الجيوفيزيائية الشائعة الاستخدام المسح الزلزالي الذي يسمى أحياناً بالزلزالي والجاذبية والمغناطيسية والطرائق الكهربائية، ثم الطرائق الأقل استخداماً وهي قياس الإشعاع والحرارة عند سطح الأرض أو بالقرب منه أو في الجو. وإذا كانت الطرائق الزلزالية والجاذبية هي أساساً أدوات للبحث عن النفط، فإن الطرائق الكهربائية تستخدم عادةً في الكشف عن المعادن، غير أن الروس والفرنسيين استخدموا الطرائق الكهربائية والمغناطيسية معاً في البحث عن النفط والمعادن.[15]

أ. المسح الزلزالي

يعد المسح الزلزالي الأداة الأكثر أهمية في عملية الاستكشاف في باطن الأرض، لقد كان هناك تطور سريع وملحوظ منذ عام 1979 في تطبيق تقنية الانعكاس الزلزالي الثلاثية الأبعاد، إذ استعملت الصناعة الهيدروكربونية هذه التقنية في استكشاف النفط والغاز واستخراجها، والملاحظ أن هذه التقنية أصبحت مستغلة وعلى نطاق واسع عالمياً.[16]

إن المسح الزلزالي أداة عملية لتحديد التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض فهو يعتمد على تفجير شحنة صغيرة من المتفجرات قريبة من

السطح، تنتج عنها صدمة آلية أو هزة أو موجة زلزالية من نوع ريلي Rayleigh أو لف Love. هذه الموجة تعود إلى السطح بعد انعكاسها من الأوجه الفاصلة بين الطبقات ذات الخواص الطبيعية المختلفة، بعدها تسجل الانعكاسات بواسطة أجهزة حساسة سريعة الاستجابة لحركة الأرض Geophones & Detectors توضع على أبعاد محددة من نقطة التفجير لتلقي الموجات الصوتية المنعكسة وقياس زمن ارتداد الموجة الزلزالية.

من المعروف أن سرعة الموجات الصوتية تعتمد على كثافة الصخور التي تمر بها، كما يمكن حساب أعماق الطبقات وسمكها واستنتاج أنواعها بقياس أزمنة الانعكاس ومقارنتها، وهكذا ستعرف الظواهر التركيبية في الطبقات السفلى وبيئة الترسيب، ومن ثم سيتم إنتاج خرائط تركيبية لأي مستوى جيولوجي يعطي انعكاسات للموجات الصوتية وتحديد أماكن الطيّات المحدبة والفوالق والقباب الملحية والشعب وخواصها.

لموجة الاهتزاز (أو الصدمة) الحرة منافع خاصة بوصفها مصدراً للمسح الزلزالي، إذ يمكن تعريفها بدقة على أنها مقاييس طبيعية لها تفاعلاتها مع البيئة الصخرية المتوقعة، وعلى وجه الخصوص فإن موجة التحول التي ستظهر تقود إلى جيل متزامن من الضغط القوي وموجات القص في البيئة الصخرية، كما أن كفاءة موجة الاهتزاز بوصفها مولدات للنبضات الزلزالية للخصائص المطلوبة ترتبط ارتباطاً وثيقاً مع ديناميكية الغاز المفصلة لعملية تطوير الاهتزاز.

إن موجة الاهتزاز الحرة في التطبيقات الزلزالية لها خصائص مميزة تضفي المزيد من الفوائد على المصادر التقليدية للطاقة الزلزالية المستخدمة في المسح الجيوفيزيائي. إن مصادر الموجة الاهتزازية من المرجح أن تكون ذات فائدة في تقنية مسح الاحتياطيات للتشخيص الزلزالي العمودي؛ إذ إن إمكانية موجة الاهتزاز لإنتاج موجات ضاغطة قوية وموجات قص تؤدي إلى خيارات مسح جديدة، وبخاصة في مناطق اكتشافات الاحتياطيات النفطية في التراكيب الرسوبية.[17]

إن إحداث الهزات الصناعية في طبقات الأرض التي تشبه الهزات التي تحدثها الزلازل لا يقتصر إحداثها على استخدام تفجيرات الديناميت فحسب، بل يتعدى ذلك إلى إسقاط ثقل كبير فوق سطح الأرض ثم استقبال الهزات على مسافات متباعدة من مركز التفجير أو يتم الإسقاط بواسطة سماعات، تثبت فوق سطح الأرض وتنقل صدى الهزات إلى أجهزة التسجيل فينعكس ذلك في صورة قراءات مختلفة تستخدم في إعداد الخرائط الجيوفيزيائية.[18]

يجري المسح الزلزالي أيضاً في البحار وذلك باستبدال المتفجرات بشرارة كهربائية ذات فولتية عالية، فقد تصل هذه الفولتية إلى عشرة آلاف فولت تفرغ تحت الماء لإحداث نبض سمعي على مدد زمنية قصيرة متتابعة لإجراء المسح الزلزالي على أعماق بين 100 و400 متر، كما يمكن إجراء هذا المسح على أعماق كبيرة قد تصل أحياناً بين 2 إلى 2.5 كم باستخدام قاذف صغير لخليط متفجر من غازي البروبان والأوكسجين يشعل بواسطة شرارة كهربائية.

تستخدم تقنية المسح الانعكاسي الزلـزالي الطاقـة الـصوتية أو الـسمعية التي تنتقل بسهولة خلال الصخور الصلبة، فخصائص الصخور تتغـير عنـد الأعماق، وينعكس مرتداً بعضاً من الطاقة إلى السطح فيتم تسجيله.[19]

إن طريقة الانعكـاس الزلـزالي Seismic Reflection تعـد مـن أنجـح الطرائق الزلزالية المستخدمة في معرفة الطبقـات القريبـة مـن سـطح الأرض وتحديد الظواهر التركيبية التي يحتمل أن تكون مكـامن نفطيـة، وبخاصـة في الطيـات المحدبـة والفوالـق والقبـاب الملحيـة وبعـض البنيـات الاختراقيـة الأخرى.

أمـا طريقـة الانكـسار الزلـزالي Seismic Refraction فتتـيح تـسجيل الإشارات الزلزالية على مسافات كبيرة من نقطة التفجير، كما أنها تتيح كذلك الحصول على معلومات عن الـسرعات والأعـماق الخاصـة بالطبقـات تحـت السطحية التي تنتقل خلالها، لقد استخدمت هذه الطريقة على نطاق واسع في مجال الاستكشافات الجيوفيزيائية، لكن نظـراً لأطـوال الموجـات المـستخدمة فيهـا فـإن النتـائج المتحـصل عليهـا مـن هـذه الطريقـة هـي جـدُ ضـعيفة. وباختصار، فإن هذه الطريقة قائمة على توليد موجـات صـوتية تـسلط عـلى الأرض، أو من خلال تفجير عبوات ناسفة صـغيرة ومـن ثـم قيـاس وقـت وصول هذا الصوت إلى نقاط مختلفة في جميع أنحاء المصدر المراد استكـشافه، ومن خلال هذه البيانات بإمكان المستكـشف أن يحـصل عـلى اسـتنتاج عـن مكان وجود المصدر بين الطبقات تحت سطح الأرض.[20]

كما استخدمت طريقة الانكسار الزلزالي في الماضي في تحديد جوانب قباب الملح قبيل استخدام الطريقة الانعكاسية، ومع أن طريقة الانكسار لا تعطي معلومات دقيقة عن التراكيب الصخرية، وهي أقل استخداماً في استكشاف النفط حالياً، إلا أنها مصدر جيد للمعلومات عن سرعة انتشار الموجات في طبقات الانكسار، ومن ثم، فهي تساعد في التحديد التقريبي لمواقع وأعماق طبقات صخرية أو تكوينات جيولوجية معينة.

يتم الحصول على البيانات في الحقل باستخدام طريقة الانعكاس الزلزالي الحديثة التي تتضمن وضع مصادر صوتية (تكون عادة بطانات اهتزاز مركبة على السيارات) وأجهزة استشعار صوتية (تسمى السماعات الأرضية أو المستقبلات) في مواقع مختلفة على سطح الأرض، ويتم وضع الآلاف من أجهزة الاستشعار على خط واحد (مسح زلزالي ثنائي الأبعاد) أو على أبعاد منتظمة في منطقة واسعة (مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد). وينبعث من المصدر صوت منتظم بينما تقوم أجهزة الاستشعار الموصولة بنظام تسجيل رقمي بقياس هذا الصوت الذي يصل إليها عن طريق حساب وقت الوصول، إذ تقوم أجهزة الاستشعار في العادة بالتسجيل لثوانٍ قليلة بعد انبعاث الصوت من المصدر.

إن الصوت المطلوب هو الطاقة التي تصل إلى باطن الأرض ثم تنعكس من السطوح الموجودة بين طبقات الصخور قبل أن تعود إلى السطح مرة أخرى، ويكون الوقت الذي تستغرقه الطاقة في العودة من

منطقة معينة مؤشراً صحيحاً على العمق والشكل، فمثلاً يكون انعكاس الصوت من سطح أقل عمقاً أسرع من انعكاس الصوت الذي ينتقل من سطح أعمق.

أما المسح الزلزالي المتعدد المصادر فإنه يضيف موجات صوتية اهتزازية ثانوية أو معترضة إلى تقنية الموجات التضاغطية التقليدية، وذلك بقصد توفير مجال رؤية أفضل لدراسة خصائص الصخور، إذ تقوم أجهزة الاهتزاز بعملية هز الأرض بدلاً من مجرد الارتطام بها بصوت كتوم، مما ينتج عن ذلك حركة تعامدية في انتشار الطاقة الزلزالية.

إن الموجات الثانوية أكثر حساسية تجاه المحتويات الطينية مقارنة مع الموجات التقليدية، لذا فهي أكثر فائدة في التمييز بشكل مباشر بين الرمال النظيفة والطمي الذي يمتلك خصائص إنتاجية مختلفة، كما تساعد تقنية الموجات الثانوية أيضاً في التعرف على مناطق الصدوع المفتوحة التي تعد خطوة حيوية لتطوير نماذج محاكاة دقيقة للمكامن النفطية وتعزيز استراتيجيات الإنتاج إلى أقصى حد.[21]

من المعروف أن سرعة انتشار الموجات الزلزالية تبلغ نحو5500 قدم في الثانية في الرواسب الفتاتية، وترتفع إلى أكثر من 23000 قدم في الثانية في بعض من الصخور النارية، وبذلك يسهل تحديد عمق الحوض الرسوبي وشكله، وذلك برسم خريطة صخور القاعدة التي تتراكم عليها الصخور الرسوبية.

لقد أجرت شركة الزيت العربية السعودية "أرامكو السعودية" أكبر عدد من أعمال المسح الزلزالي البري والبحري في تاريخ الصناعة النفطية، ولنجاح مثل هذه الأعمال يتعين أن تشارك فيها فرق متنوعة التخصصات، وتبدأ هذه الأعمال بتحديد مهندسي المكامن والجيولوجيين والجيوفيزيائيين. إن الهدف من البيانات الزلزالية، بما في ذلك تحديد المواقع المراد دراستها وتحديد كمية الطاقة الزلزالية اللازمة، هو تحديد الصخور المستهدفة والترتيب المناسب لمصادر الطاقة ومستقبلاتها. وبعد تحديد منطقة المسح يجتمع موظفو التحليل والمعالجة وأعمال الحقل لمناقشة الهدف الجيوفيزيائي والمنطقة المستهدفة، وقد يحتم ظهور أية مشكلات استخدام مقاييس تجميع خاصة.

كما يلزم كذلك توافر طاقة حاسوب هائلة لمعالجة البيانات التي يتم الحصول عليها من الدراسات الزلزالية، وفي العادة يتم استخدام مئات المواقع المصدرية التي يستخدم كل منها الآلاف من أجهزة الاستشعار ويتم تسجيل بياناتها في وقت واحد، إذ تحتوي تلك التسجيلات على كمية هائلة من الطاقة المتداخلة الناتجة عن الانعكاسات التي تصدر من طبقات صخرية كثيرة ومتنوعة.

ويخصص جزء كبير من طاقة المعالجة بالحاسوب لفصل الإشارات المفيدة عن تلك الإشارات غير المفيدة، بهدف إنتاج إشارات عالية التحديد والوضوح والموثوقية. إن الطريقة الأكثر شيوعاً في هذا المجال من طرائق التسجيل والمعالجة هي التي يتم من خلالها توليد مئات الانعكاسات من

نقطة واحدة تحت سطح الأرض باستخدام مجموعات استشعار مصدرية مختلفة، وإيجاد المعدل أو "صف" تلك المجموعات في الحاسوب لتحسين الإشارة، ويشار إلى عدد القياسات التي تؤخذ من الموقع نفسه تحت سطح الأرض بكلمة "طية" بيانات.

يكون المنتج القياسي النهائي شبيهاً بمقطع عرضي – عمودي للأرض يظهر تركيب طبقات الصخور المختلفة، إن طرائق المعالجة الحديثة تستخدم أساليب الانتقال والتصوير المناسبة لجعل هذه الصورة أدق ما يمكن، كما أن هذا الأمر قد يتطلب تحويل النتائج من صورة تمثل الطاقة المستعادة بحساب الوقت إلى طاقة منعكسة بحساب أعماق البيئات الصخرية.

بعد تسجيل البيانات الحقلية يتم تسليمها إلى قسم معالجة البيانات التي يتم معالجتها باستخدام أنظمة حاسوبية متطورة، وفي العادة تكون النتائج النهائية هي "الكميات المصفوفة" ويتم تسليم هذه المنتجات للمتخصصين لتحليلها باستخدام برنامج حاسوبي تخصصي، وعند الطلب تقدم البيانات لمجموعة تحليل خاصة لإجراء المزيد من دراسات التحويل حسب العمق والصفات.[22]

ب. طريقة الجاذبية

تعتمد طريقة البحث بالجاذبية في حدود الأميال الأولى القليلة من سطح الأرض على قياس التغييرات الصغيرة في جذب الصخور للأجسام والكتل

فوق سطحها، إذ تختلف قوى الجذب من مكان لآخر طبقاً لاختلاف كثافة الصخور تحت سطح الأرض، وذلك لأن الجاذبية تتناسب طردياً مع الكتل الجاذبة وعكسياً مع مربع المسافة إليها. فإذا كانت الطبقات الأعلى كثافة مقوسة إلى أعلى في تركيب مرتفع مثل الطية المحدبة، فإن مجال الجاذبية الأرضية يكون فوق محور الطية أكبر منه على طول جوانبها، كما أن القبة الملحية الأقل كثافة من الصخور التي اخترقتها يمكن كشفها من القيمة الصغيرة للجاذبية المقيسة فوقها بالمقارنة بقيمة الجاذبية على أي من الجانبين.

لقياس التغير الطفيف في قيمة الجاذبية من مكان لآخر، لابد من استخدام أجهزة ذات حساسية عالية؛ ذلك أنها تسجل التغيرات في الجاذبية لجزء في المليون من عجلة الجاذبية الأرضية، وتسمى هذه الأجهزة بالجرافيمترات Gravimeters التي هي عبارة عن أدوات لرسم خريطة تغيرات الجاذبية في منطقة البحث عن النفط التي يمكن من خلالها ترجيح وجود تراكيب جيولوجية معينة مثل الفوالق والطيات، أو تداخل صخور القاعدة ذات الكثافة العالية في صخور رسوبية ذات كثافة أقل.

ويستفاد من طريقة الجاذبية في تحديد الأحواض الرسوبية وامتدادها وسمكها باعتبار أن كثافة صخور القاعدة أعلى من كثافة الطبقات المترسبة فوقها، وكذلك الحال في تحديد أماكن القباب الملحية وشعاب الحجر الجيري والطيات المحدبة، ثم في تعيين الحدود الفاصلة بين الكتل الصخرية ذات الكثافات المختلفة.

مع ذلك يجب أن نسلم بأن الصخور الخازنة ليست متجانسة في خواصها، مما يقتضي الأمر استخدام طرائق أخرى للمسح الجيوفيزيائي لتكوين صورة متكاملة ودقيقة للخزان النفطي تستكمل بالمسح الزلزالي والحفر الاستكشافي. استخدمت طريقة الجاذبية في تحديد أماكن القباب الملحية في ساحل خليج المكسيك بالولايات المتحدة الأمريكية، كما استخدمت هذه الطريقة في الكشف عن التراكيب المحدبة في وسط القارة الأمريكية التي تعد مكامن محتملة للسوائل الهيدروكربونية.[23]

جـ. الطريقة المغناطيسية

يستخدم المسح المغناطيسي لقياس التغير في شدة المجال المغناطيسي للأرض من مكان لآخر، وذلك بسبب اختلاف التراكيب الجيولوجية والتغيرات الطبوغرافية لسطوح صخور القاعدة والتأثيرية المغناطيسية لهذه الصخور، أو الصخور النارية أو المتحولة التي تحتوي في العادة على نسب أعلى من معدن الماغنتيت Magnetite ذي الخواص المغناطيسية أو الصخور القريبة من سطح الأرض. كما تستخدم الماغنيتومترات Magnetometers في المسح المغناطيسي على الأرض، ومن الطائرات أو السفن وبخاصة من أجل تحديد سمك الطبقات الرسوبية الخازنة للنفط أو المعادن المغناطيسية.

تم استخدام الأقمار الصناعية في رسم الخرائط الكنتورية للتغيرات في شدة المجال المغناطيسي لتحديد التراكيب الجيولوجية في مناطق المسح

المغناطيسي، وبخاصة أماكن الطيات والصدوع في القشرة الأرضية المرجح وجود تجمعات النفط فيها، وحساب أعماق صخور القاعدة بما يساعد في تقدير سمك الطبقات الرسوبية وامتدادها، فضلاً عن التعرف على تداخلات الصخور النارية بين الطبقات الرسوبية هذه.

ساعدت الطريقة المغناطيسية على اكتشاف حقول نفطية عدة في المملكة العربية السعودية، منها حقول الحوطة والدلم في عام 1989 وحقول الرغيب والنعيم والحلوة والهزمية والغينة في المنطقة الوسطى في عام 1990، ثم حقل مدين على الساحل الشمالي للبحر الأحمر في عام 1993.[24]

عند الحديث عن المسح الجوي المغناطيسي باستخدام الطائرات، فإننا نجد أن شركة أرامكو السعودية أنجزت واحداً من أكبر أعمال المسح الجوي المغناطيسي غير المسبوقة في أي مكان في العالم غطى جزءاً كبيراً من النصف الشرقي للسعودية؛ إذ تم إجراء المسح الجوي المغناطيسي على ارتفاع منخفض وقياس المجال المغناطيسي للأرض. إن المسح بهذه الطريقة يعد مسحاً قليل التكلفة نسبياً مقارنة بأعمال المسح الزلزالي، كما أن هذه الطريقة تستخدم لقياس عمق الصخور المتحولة الموغلة في القدم التي تعرف بالصخور القاعدية، لكنها لا توفر قياساً مباشراً لطبقات المكمن، ولها قدرة تحديد ضعيفة شبيهة بالصورة المهزوزة، وبذلك فهي توفر قدراً أقل من التفاصيل مقارنة بالمسح الزلزالي.[25]

د. الطريقة الكهربائية

تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربائية (وهي المقاومة التي يلاقيها تيار كهربائي شدته أمبير واحد عند مروره في سلك من المادة طوله متر واحد ومساحة مقطعه وحدة واحدة) بين شتى أنواع الصخور وبخاصة بين الملح والرسوبيات، فعند مرور تيار كهربائي في الماء يلاحظ عند قراءة المقاومة أنها منخفضة، أما في حال كون ما هو تحت الأرض فحماً مثلاً أو هيدروكربوناً فإنه يقاوم التيار الكهربائي، وتسجَّل قراءة مرتفعة وفقاً لهذه الطريقة. إن هذا التباين وما يعكسه من دلائل يعطينا فكرة أولية عما هو موجود تحت سطح الأرض.

عند استخدام هذه الطريقة يسهل تحديد عمق صخور القاعدة بفضل ارتفاع قيم المقاومة النوعية لها، وإذا كانت التباينات في الخواص الكهربائية للصخور الرسوبية محدودة، فإن الصخور الجيرية الكتلية والأنهيدرت Anhydrite (وهو معدن قوامه كبريتات الكالسيوم اللامائية ولونه أبيض أو ضارب الى الرمادي أو الأحمر) تتميز بمقاومتها النوعية العالية. كذلك تستخدم طريقة الجهد الذاتي لإجراء قياسات على السطح بالمللي فولت للجهود الكهروكيميائية الناشئة في الأرض بالتفاعل الكيميائي الكهربائي بين بعض المعادن والمحاليل ذات الخصائص الكهربائية المتلامسة معها.

هـ. تقنيات الاستكشاف المحمولة جواً

إن تقنيات الاستكشاف المحمولة جواً عادة ما تُجرى من خلال طائرة ثابتة الجناح صغيرة أو متوسطة الحجم، وهناك استقصاءات معينة تحتاج إلى طائرة عمودية (هليوكوبتر). إن هذه التقنيات تحتوي على طرائق عدة تتوزع ما بين طريقة الاستكشاف باستخدام أشعة الليزر وطريقة الجاذبية والطريقة المغناطيسية التي تعد الأكثر استخداماً في هذا الميدان. فهي تستخدم الماغنيتومتري magnetometry المحمول جواً الذي هو أداة مستخدمة لإيجاز أو تلخيص الأحواض الرسوبية الكبيرة وبتكلفة منخفضة. إن هذه التقنية القديمة كان قد تم تجديدها لاحقاً بدرجة عالية من الوضوح في التخطيط المغناطيسي الجوي.

أما تقنية الجاذبية المحمولة جواً فمازالت في مرحلة المشروع قيد التجريب، فالمشكلة الرئيسية التي تواجهها هذه التقنية هي حساسية الآلات المستخدمة فيها للطيران. إن الارتفاع المنخفض والسرعة البطيئة وشروط الاهتزاز الحر أمور مطلوبة في هذه التقنية، كما أن التصميم القديم لمنطاد "زبلن" Zeppelin الذي يعمل بمحرك مستقل وأدوات توجيه، ربما يكون الأفضل لعمل مسح الجاذبية الجوي.

إن المهم في هذه التقنيات هو ما يتصل بالكشف عن تسربات النفط والغاز؛ إذ إن هذه التسربات، مهما كانت بسيطة فوق سطح الأرض أو في قاع البحر، تدل على وجود نظام مصدر هيدروكربوني نشط في باطن الأرض؛

لهذا السبب فإن أي تسرب للنفط والغاز يقلل وبشكل ملحوظ من مخاطر الاستكشاف في منطقة ما.[26]

أما تقنية الاستكشاف باستخدام أشعة الليزر المحمولة جواً، التي تبحث عن دلائل لأفلام فائقة الدقة (تتضمن تلك الأشياء التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة) للنفط على سطح البحر، فإنها تستخدم للكشف عن تسربات للنفط والغاز من قاع البحر التي تعد أمراً ضرورياً لتشكيل الحقول النفطية التجارية. وقد طورت شركة بريتش بتروليوم British Petrolium هذا النظام الاستكشافي في أواخر الثمانينيات، وتم شراؤه من مؤسسة العلوم الجيولوجية العالمية WGC ومقرها مدينة بيرث Perth في أستراليا. لقد استخدم هذا النظام على نطاق واسع لاستكشاف مناطق الجرف النائية في مختلف مناطق العالم. بالإضافة إلى ذلك، فإن هذه التقنية مع تقنية الماغنيتومتري الجوي المثبتة في الطائرة نفسها أصبح بالإمكان الحصول على تقييم سريع لاستكشاف النفط والغاز المحتملين في المناطق النائية غير المكتشفة والبعيدة عن الشاطئ؛ إذ إن آلية عمل هذا النظام قائمة على إرسال شعاع الليزر من منفذ المسح في الطائرة عمودياً باتجاه الأسفل لإنارة سطح البحر، وهكذا فإن أية ردود إشارة تعني وجود النفط على سطح البحر.[27]

إن توصيف تسرب النفط الخام من خلال استخدام الليزر المستحث (الفلوريسنت) بوميض 30 مثال جيد لهذا الأسلوب؛ إذ إن الطائرة التي تحلق على ارتفاع من 100 إلى 1000 متر فوق سطح المحيطات تسلط الأشعة فوق

البنفسجية من مصدر الليزر على البقعة النفطية الواقعة على السطح. إن جزءاً صغيراً من هذه الانبعاثات المستحثة التي يتم جمعها يمكن استخدامها ليس للتمييز ما بين النفط والمواد الكيميائية الأخرى فحسب، بل أيضاً لتصنيف نوع النفط في تلك البقعة، سواء أكان الضوء المنبعث هو للنفط المكرر الخفيف أم من المكرر الثقيل أم من النفط الخام، كما أن سماكة البقعة النفطية يمكن استخلاصها من خلال رصد التغيرات في الليزر التي يسببها انبعاث طيف رامان Raman المياه نفسها (وذلك بسبب اختلاط جزيئات الموارد الهيدروكربونية بالمياه).[28]

3. الدراسات الجيوكيميائية

اكتُشف العديد من الأقاليم النفطية الأولى في العالم من خلال البحث عن التسربات المرئية للنفط والغاز. وقد تكونت إما نتيجة للتسرب من التراكمات الموجودة تحت سطح الأرض من خلال التكسر في طبقات الأرض أو نتيجة النفاذية فيما بين هذه الطبقات. أما اليوم فيتم التنقيب عن النفط والغاز بشكل كبير اعتماداً على التحقيقات غير المرئية أو غير الملحوظة بالاتصال مع الخصائص الجيولوجية نفسها. إن حساسية طرائق التحليل ومعداتها المستخدمة حالياً ودقتها تمكن من الكشف والتعرف على كميات ضئيلة من الهيدروكربونات بالقرب من الرواسب السطحية والمياه، التي من الممكن أن تشير بدورها إلى التسربات الصغرى التي تعد دليلاً على تراكم المواد الهيدروكربونية وهجرتها.[29]

استخدمت الطرائق الجيوكيميائية في استكشاف النفط والغاز الطبيعي بالاعتماد على مسلمة فحواها أن هجرة الهيدروكربونات من مناطق تراكمها في الأسفل تحت سطح الأرض نحو الأعلى تنتج نماذج شاذة قرب سطح الأرض. وتنقسم تقنيات الاستخراج الجيوكيميائية إلى تقنيات مباشرة وأخرى غير مباشرة. إن التقنيات المباشرة تتطلب تحليل الكميات الدقيقة من الهيدروكربونات التي تظهر بحالة حرة في فجوات التربة أو تلك المترسبة على أجزاء الحبيبات الصافية للتربة، أما التقنيات غير المباشرة فتعتمد على الكشف في المناطق القريبة من سطح التربة أو من النباتات والمنتجات غير العضوية المعدلة الناشئة من هجرة الهيدروكربونات نحو الأعلى.[30]

في أثناء مرحلة الحفر الأولي عند البحث عن النفط تنفذ الدراسات في الطريقة المباشرة، ولاسيما إذا وجدت شواهد نفطية على سطح الأرض نتيجة لهجرة بعض الهيدروكربونات من مكمن للنفط أو للغاز الطبيعي تحت ضغط مرتفع نسبياً وتحركها إلى السطح.

تهدف الدراسات الجيوكيميائية إلى تحديد الطبقات القادرة على توليد النفط والصخور الخازنة له، فضلاً عن تحديد أنواع الهيدروكربونات الموجودة من نفط أو غاز أو مكثفات. وتبدأ الدراسة الجيوكيميائية بالدراسات السطحية التي تشمل قياس كمية الغازات الممتصة في حبيبات التربة أو حبيبات الصخور تحت السطحية القريبة من سطح الأرض، وقياس الإشعاع الصادر من التربة، ومحاولة تحديد أنواع البكتريا التي تعيش وتنمو

مع مختلف أنواع الهيدروكربونات وإجراء المسح الإشعاعي لتتبع هجرة الهيدروكربونات.

تتعدد الدراسات تحت السطحية فهي تبدأ بتحديد كمية الكربون العضوي في الصخور التي تتراوح بين 2٪ و10٪ في الصخور المولدة لحقول النفط العملاقة، والتحليل الغازي لسائل الحفر وفتاته Mud Logging كما تشمل تحديد السحنة الحرارية Thermal facies، فلون الكيروجين في الطفل الصفحي يتغير من الأصفر إلى البني البرتقالي ثم الأسود مع زيادة درجة الحرارة، وهذا التغير اللوني من دلائل وجود النفط والغاز.[31]

تساعد الدراسات الجيوكيميائية على تقويم أحواض الترسيب وترجيح احتمالات وجود تجمعات النفط والغاز التي أسفرت عنها طرائق المسح الجيوفيزيائي، كما تساعد هذه الدراسات في تقدير أعماق الصخور المولدة والخازنة والحابسة ونوعيات المصائد النفطية، وهي تخدم مباشرة اختيار أماكن الحفر.

4. تقنية الآبار الذكية الشديدة التفرع

تعد هذه التقنية من أحدث التقنيات التي يمكن استخدامها في مجال الاستكشاف والإنتاج، فهي تهدف إلى مساعدة المهندسين على فهم هندسة انسياب النفط والغاز وتعطيهم إمكانية لزيادة الإنتاج بشكل أفضل. لقد تم استخدام أول "بئر ذكية" Intelligent Well في العالم في الجزء النرويجي من

بحر الشمال في عام 1997 وقد احتوت هذه البئر على صمام واحد للتحكم في الإنتاج. ومن ذلك الوقت أخذت هذه التقنية في التطور حتى وصلت آخر الإحصائيات إلى أنه يوجد ما يفوق نحو 700 بئر حول العالم يحتوي بعضها على أربعة صمامات للتحكم في أربعة مكامن من بئر واحدة، وكثير منها في دول الخليج العربية، مثل المملكة العربية السعودية وسلطنة عمان، كما يوجد في دولة الكويت بئران ذكيتان للتحكم في ضخ المياه في المكامن. ومن أبرز مكونات البئر الذكية، فضلاً عن صمامات أسفل البئر للتحكم في الإنتاج، أجهزة الاستشعار التي تنقسم إلى نوعين: أجهزة استشعار بالألياف الضوئية وأجهزة استشعار كهربائية. وتعد أجهزة الاستشعار ذات الألياف الضوئية من الأجهزة الحديثة والغالب استخدامها في الآبار الذكية، إذ لديها القدرة على قياس درجة الحرارة على امتداد طول البئر وقياس الضغط داخل البئر في مناطق معينة (غالباً ما تكون عند موقع صمام التحكم في الإنتاج الواقع في أسفل البئر).[32]

تقوم شركة أرامكو السعودية بتطوير تقنية الآبار النفطية الذكية الشديدة التفرع، وهي إحدى تقنيات المستقبل. إن هذا الابتكار يمثل آلية تمكن الآبار من جمع معلومات عن نفسها ثم تحليلها تحليلاً فنياً ومنطقياً متوائماً مع طبيعة الظروف. وللآبار الذكية عدد كبير من التفرعات الجانبية في عمق الأرض لإنتاج النفط بشكل أكثر سلامة وغزارة وتسهيل الوصول إلى المكونات الصخرية الصعبة والمعزولة. إن الآبار المتفرعة التقليدية المستعملة في الوقت الحالي محددة بنحو أربعة فروع جانبية ذكية، وكل من هذه الفروع يحتوي على

صمام يتم التحكم فيه عن طريق ذراع ميكانيكية تمتد من قاع الأرض في المكمن إلى رأس البئر. ولأن البئر ليس فيها حيز يمكنه أن يحتوي على أكثر من ثلاث أو أربع من هذه الأذرع الميكانيكية، فإن هذه الآبار المتفرعة التقليدية لا تستطيع أن تحوي أكثر من هذا العدد من الفروع الذكية. لذلك، فإن مركز "إكسبك" للأبحاث المتقدمة في شركة أرامكو السعودية يعمل على تطوير طرائق علمية حديثة لاستبدال الأذرع الميكانيكية بأجهزة لاسلكية للتحكم بصمامات الفروع الذكية.[33]

أدخل مركز "إكسبك" في عام 2006 مفهوم الروبوتات المتناهية الصغر التي تعتمد على تقنية النانو الخاصة بالمكامن، إذ يتم حقن هذا النوع من الروبوتات مع السوائل المحقونة في الآبار الهيدروكربونية لتسجيل ضغط المكمن ودرجة الحرارة ونوع السوائل وتخزين هذه المعلومات في ذاكرة الروبوت، وبالإمكان استرجاع محتوياتها بهدف تحسين إدارة المكمن وتمهيد الطريق لزيادة معدلات الاستخلاص. كما تساعد الروبوتات المتناهية الصغر تلك في تحديد حجم المكمن ورسم خريطة للكسور والتصدعات الصخرية، وتحديد المناطق الأعلى نفاذية وتحديد تجمعات النفط التي تم التعرف عليها سابقاً، فضلاً عن تحسين اختيار مواقع الآبار والمساعدة في تصميم نماذج جيولوجية أكثر دقة للمكمن. بحثت شركة أرامكو السعودية العديد من الجوانب المهمة لوضع هذه الروبوتات موضع الاستخدام، بما في ذلك الحجم والتركيز والكيمياء والتفاعل مع السطوح الصخرية والحركة على المقياس المسامي وسرعة الانتقال في المكمن. لقد توجت أبحاث عام 2008 بأول تجربة

مخبرية ناجحة لحقن جزيئات متناهية الصغر في صخور المكمن، واستخلاصها بمعدلات مشابهة لأوضاع الحقل وبتركيز منخفض، وستركز المرحلة الثانية على إضافة قدرات استشعارية إلى الروبوتات المتناهية الصغر تلك.[34]

5. عمليات الحفر المرافقة للاستكشاف الهيدروكربوني

يعد الحفر الوسيلة الوحيدة للتأكد من وجود الهيدروكربونات في باطن الأرض، وهناك تقنيات عدة استخدمت في حفر آبار النفط والغاز المرافق للاستكشاف تبعاً للتطور العلمي في استخدام تقنيات حديثة في هذا الميدان، فضلاً عن تطور الحاجة إلى مزيد من الطاقة اللازمة لنمو الاقتصاد العالمي، ومن هذه التقنيات ما يأتي:

أ. تقنية الحفر الأفقي

عند الحديث عن الحفر الأفقي Horizontal Drilling للآبار النفطية نجد أن التسجيل الصحيح لأول بئر نفطية أفقية كانت قد حفرت بالقرب من تكسون في تكساس في الولايات المتحدة التي تم إكمالها في عام 1929، أما الحفر الثاني فكان في عام 1944 في حقل نفط فرانكلين الثقيل الواقع في مقاطعة فينانغو Venango في بنسلفانيا، وكانت البئر بعمق 500 قدم، بعد ذلك قامت الصين بأول حفر أفقي لها في بداية عام 1957، ولاحقاً استخدم الاتحاد السوفيتي (السابق) هذه التقنية. وعموماً، فإن التطبيق العملي لهذه التقنية ظهر في بداية الثمانينيات من القرن العشرين، وهو الوقت الذي جاء بمحركات تحسين الحفر السفلي المتقدمة، فضلاً عن اختراع المعدات والمواد

والتقنيات الضرورية الداعمة لها، وخاصة معدات القياس عن بعد، وكل ما يمكن تصوره ضمن نطاق الجدوى التجارية. وتشير الاختبارات إلى أن نجاح الحفر الأفقي التجاري أمكن تحقيقه في أربع حالات منفصلة حدثت بين عامي 1980 و1983، والتي قامت بها شركة إيلف أكواتين Elf Aquitaine الفرنسية في أربع آبار حفرت أفقياً في ثلاثة حقول أوروبية. فقد تم حفر بئرين في حقل لاك سيبيريور Lacq Superieur، كما تم حفر بئر ثالثة في حقل كاسترا لو Castera Lou، وكلا الحقلين واقع في فرنسا، فضلاً عن بئر رابعة تقع في حقل روسبو مير Rospo Mare النفطي الواقع قبالة الشواطئ الإيطالية على البحر الأبيض المتوسط. مع الإشارة إلى هذه النجاحات الأولية، فإن الحفر الأفقي كان قد تم اعتماده بكثير من التردد من طرف العديد من المشغلين، فقد كانت أعمال الحفر وهؤلاء المشغلون وشركات الحفر وشركات الخدمات التي تدعمهم قد وسعت تقنية الحفر الأفقي على أنواع عدة من عناصر الهندسة الجيولوجية وهندسة التخزين وكل ما له علاقة بأهداف الحفر، وفي الولايات المتحدة الأمريكية كان الحفر الأفقي يركز وبشكل كلي على تطبيقات النفط الخام حتى عام 1990.[35]

إن الهدف من الحفر الأفقي في الحقول النفطية هو زيادة الإنتاج من جهة، وزيادة المردود على المدى البعيد من جهة أخرى، ومن ثم رفع ريع تطوير الحقل. ولكن تختلف آلية وميكانيكية تأثير الحفر الأفقي من مكمن إلى آخر. وعندما استخدمت هذه التقنية انتقلت كثير من حقول النفط والغاز التي كانت مصنفة بوصفها حقولاً هامشية أو غير اقتصادية في الماضي، إلى

حقول اقتصادية وتجارية ينتج منها النفط والغاز بتكاليف معقولة ومقبولة ومشجعة للمستثمرين والشركات المالكة.

وهكذا فقد عُد الحفر الأفقي تقنية أساسية من تقنيات زيادة الإنتاج من مكامن النفط والغاز، وهو يؤدي بدوره إلى زيادة المردود، كما أنه تقنية تساعد في تخفيض تكاليف مشاريع رفع المردود وتحسين اقتصادياتها ورفع مستوى وموثوقية أدائها. فمثلاً في مشروع ما لحقن البخار، قد يحل الحقن ببئر أفقية واحدة محل عدد من الآبار العمودية، نظراً لأن تقبل البئر الأفقية أعلى بكثير من تقبل البئر العمودية. إن هذا الأمر يرافقه تخفيض تكاليف الحفر والتطوير وتخفيض فقدان الحرارة وضياعها، نظراً لتقليل آبار الحقن من جهة ولطول المجال المحقون من جهة أخرى، مما يسهم ويحسن كثيراً اقتصادية المشروع وكفاءته.[36]

فيما يشير آخرون إلى أن فوائد الحفر الأفقي تكمن في أنه يعمل على زيادة إنتاجية الخزان أو إنتاجية البئر، ويعجل من دفع البئر ويزيد من معدل العائد منها ويؤخر من عمر نضوب المورد، ويقلل من اضطرابات خسائر ضغط المكمن، ويعد مدخلاً إلى المناطق النائية والمعزولة، وأخيراً يحسن من تحديد خصائص المكامن.[37]

وتستخدم تقنية الحفر الأفقي في الوقت الحاضر على نطاق واسع في مجال حفر آبار النفط والغاز، فضلاً عن ذلك يمكن تطبيقها لتعزيز فعاليتها في مجال إزالة التلوث في موقع الاستخراج الأصلي، وذلك من خلال وضع القسم

الأفقي الأطول على منطقة التلوث، فهذه الطريقة بإمكانها أن تقدم معالجة أكثر في هذه المنطقة، فهي تعمل على تحسين إزالة الماء الملوث أو تحسين حقن الهواء أو حقن البخار أو حقن البكتيريا أو حقن أية مادة كيميائية أخرى.[38]

لكن مع مرور الزمن، فإن التطور السريع للتقنيات في مجالات عدة عمل على تجاوز المصطلحات التقليدية في الصناعة النفطية، ومثال على ذلك، فإن تقنية الحفر الأفقي التي كانت تعد طريقة متقدمة في الحفر قبل سنوات عدة، تصنف الآن كتقنية للاستخلاص النفطي المدعم. إن الكثير من الشركات تنظر إليها اليوم على أنها طريقة قياسية مثلها مثل الحفر العمودي التقليدي، وتعرف بوصفها جزءاً من الإنتاج الأولي.[39]

لإعطاء وصف بسيط لعملية حفر البئر الأفقية دون الدخول في التقنيات، فإنه لابد من استعراض المراحل التي مر بها حفر البئر الأفقية منذ البداية:[40]

- مرحلة الحفر العمودي: تبدأ هذه المرحلة مع بداية حفر البئر النفطية وتستمر حتى نقطة التحول إلى الحفر المائل بزاوية ميل تدريجية يعتمد مقدارها على مقدار نصف القطر المقرر للبئر.

- مرحلة الحفر المائل: تتدرج هذه المرحلة من نهاية الحفر العمودي حتى يتم الوصول إلى زاوية 70 تقريباً، وفي هذا الجزء من الحفر يتم العمل على تقليص تأثير قوة الجر Drag Force، وقوة السحب Torque

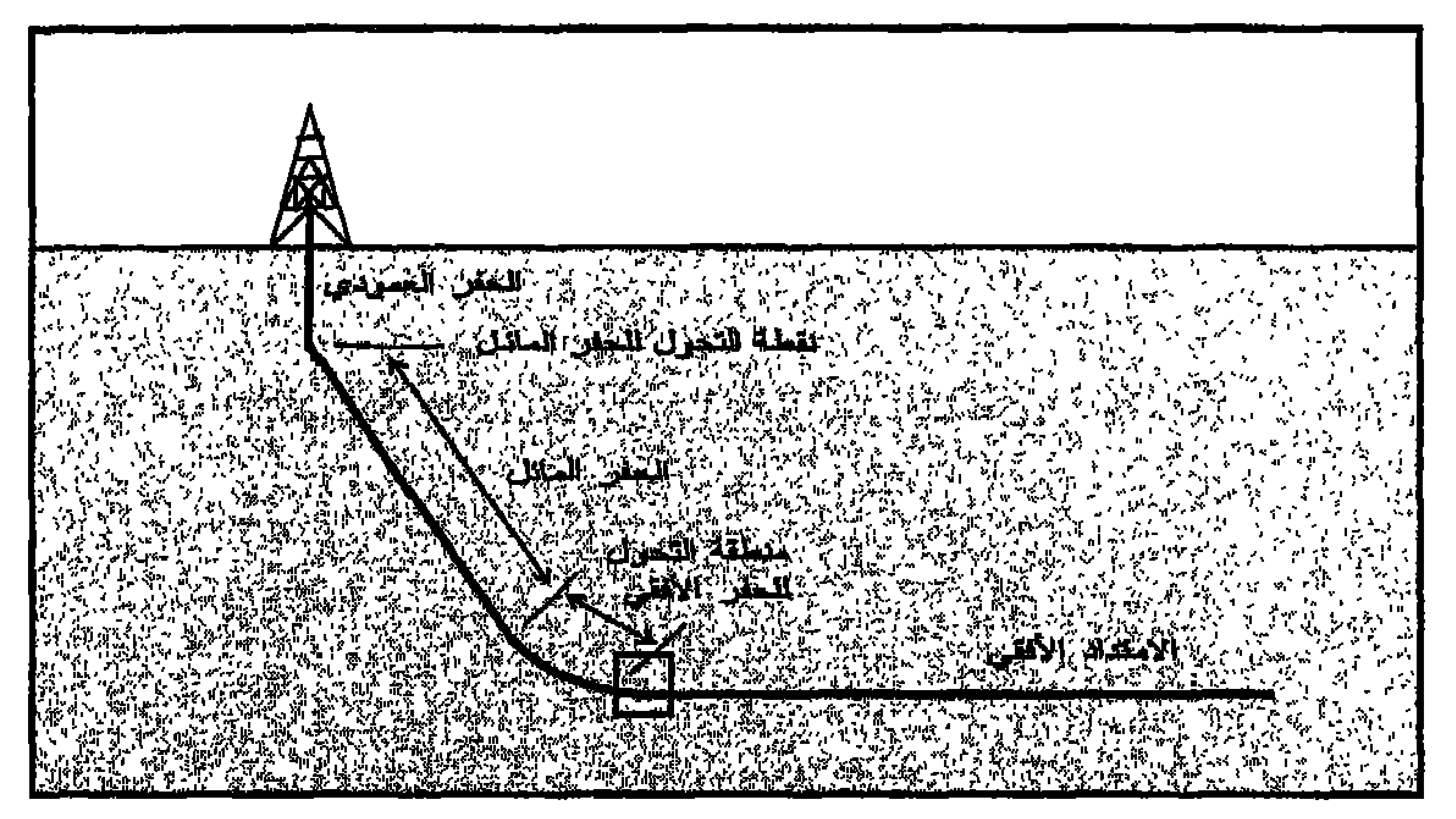
Force، والاهتمام بمشاكل تنظيف وثبات جدران البئر تسهيلاً لعملية إكمال البئر، ويتم ذلك بمراقبة عملية الميل مع استقرار عمود الحفر في مساره المحدد داخل البئر. وغالباً ما تحتاج هذه المرحلة إلى أجهزة وأدوات يتم إنزالها داخل البئر كالتوربينات والمحركات لتجنب إخراج عمود الحفر من أجل تغيير رأس الحفر. كذلك هناك حاجة إلى أجهزة القياس والمجسات لمراقبة العملية عن بعد، تستلزم دقة عمليات الحفر الأفقي أجهزة محاكاة، من أجل الحصول على الخواص المطلوبة لسوائل الحفر والإسمنت وزاوية الميل التي ستساعد في الحصول على جدران ثابتة للبئر، وكذلك تجنب الأخطار الكبيرة كالتصاق معدات الحفر بجدار البئر أو انكسارها. تستلم الحواسيب الإلكترونية معلومات من أجهزة القياس في أثناء الحفر عن موقع رأس الحفر، وتقارن الموقع الحقيقي مع الموقع المفضل له، وتحدد طريقة للتصحيح إن لزم الأمر كتغيير مقدار الثقل على رأس الحفر، ومن ثم يرسل الحاسب الإلكتروني كل ذلك إلى منصة الحفر أو إلى الأجهزة داخل البئر.

- مرحلة الحفر الأفقي: إن الوصول إلى بدء الحفر الأفقي في الطبقة المنتجة يعد عملية حساسة، لذلك يجب العمل بتأنٍ واستخدام أجهزة القياس والجس لتسهيل المهمة، فعند الوصول إلى الطبقة المنتجة تكون المشكلة الرئيسية هي الاستمرار في إبقاء مسار الحفر داخلها، وكذلك إبقاء البئر نظيفة وجدرانها ثابتة. وحتى يتم حصر خروج الماء أو الغاز مع النفط في الحدود الدنيا، فإنه يجب ألا ينحرف مسار البئر إلى الأعلى ليخترق الطبقة

الغازية، أو إلى الأسفل ليخترق الطبقة المائية، وبخاصة في الطبقات ذات السماكة القليلة، ولهذا يجب توافر أجهزة استشعار خاصة لمراقبة ذلك كما هو مبين في الشكل (1).

الشكل (1)

مراحل حفر البئر الأفقية



المصدر: موسى إسماعيل مصطفى، «أضواء على الحفر الأفقي للآبار الإنتاجية»، النفط والتعاون العربي، المجلد 15، العدد 56 (الكويت: 1989)، ص74.

ب. تقنية الحفر الموجّه

باستخدام تقنية الحفر الموجه أصبح بالإمكان حفر بئر واحدة في سطح الأرض، ثم توجيه مسار الحفر إلى الحفر المائل، أو الحفر الأفقي للوصول إلى الطبقات المنتجة مع إمكانية حفر جذوع جانبية عدة تمتد إلى مواقع أخرى من طبقات الصخور الرسوبية بغية تحسين الإنتاج، وتحل هذه الجذوع الجانبية

مكان عدد مماثل من الآبار الثانوية في مواقع عدة ومحيطة بالبئر الأساسية، لقد أدى استخدام هذه التقنية في دولتي الكويت وقطر إلى مضاعفة إنتاجية البئر العمودية بين 4-6 مرات في حقول النفط.

على الرغم من ارتباط اسمه بالحفر الأفقي لتشابه معدات الحفر المستخدمة، فإن الحفر الموجه لا يعد بالضرورة نوعاً من الحفر الأفقي، فهو قد يكون مائلاً في بعض الأحيان. في الماضي، ومنذ بداية استخراج النفط، ارتبط هاجس مهندسي الآبار النفطية بالمحافظة قدر الإمكان على الحالة العمودية للحفر في هذه الآبار، لكن الحال اختلف فيما بعد وذلك لزيادة حاجة البشر إلى مزيد من الهيدروكربون الذي قد يكون موجوداً على بعد آلاف الأقدام عن البئر تحت مياه الأنهار أو البحيرات والأنفاق الجبلية والتشكيلات السكنية، الأمر الذي عجل من استحداث هذا النوع من الحفر.

يرى البعض أن تصنيف الحفر الموجه في الصخور الملحية هو بند جديد من الحفر، تأتي أهميته من كون العاملين في مجال الحفر يدركون أن عمليات الحفر عامة (والموجّه منها خاصة) ضمن الصخور الملحية تعد في غاية الصعوبة التي تصل إلى حد الخطورة أحياناً، ومرد ذلك إلى أن الصخور الملحية تسبب نشوء احتكاك كبير مع مواسير الحفر في أثناء اختراقها، كما تؤدي قساوتها إلى صدمات واهتزازات تؤثر في كامل تشكيلة الحفر.[41]

جـ. تقنية الحفر تحت التوازن

تهدف تقنية الحفر تحت التوازن إلى تحسين سرعة الحفر بالمقارنة مع طريقة الحفر التقليدي وتحسين إنتاجية التشكيلات النفطية والغازية، ولاسيما الطبقات ذات الخواص الخزنية السيئة والأشد تأثراً بسوائل الحفر والإسمنت. فضلاً عن أن تطبيق هذه الطريقة عملياً خفف إلى حد كبير من المشاكل المرافقة لعمليات الحفر؛ كالتهريب والالتصاق والمشاكل الناجمة عن ارتشاح سوائل الحفر ذات الأساس المائي.

وقد تميزت طريقة الحفر تحت التوازن عملياً بالمحاسن الآتية:[42]

- زيادة السرعة الميكانيكية للحفر.
- إمكانية توفير مرحلة تغليف أو أكثر.
- الحد من تخريب الطبقة المنتجة وزيادة إنتاجيتها.
- إزالة خطر الالتصاق.
- التقليل من خطر تهريب سائل الحفر.
- تقليل الحمل المطلوب على الدقاق.
- تقليل حجم الفتات ومن ثم زيادة قدرة التنظيف.
- زيادة عمر الدقاق وتقليل عدد عمليات الرفع والتنزيل.
- تقليل كلفة سوائل الحفر.
- الإنتاج والبيع المسبق للنفط والغاز.

أثبت الحفر تحت التوازن أنه تقنية اقتصادية لحفر المكامن ذات الضغط المنخفض، وبما أنه من الممكن قياس كمية الهيدروكربون المنتج في أثناء عملية الحفر، فمن السهل أن يتم تحديد آلية الجريان والنطاقات المنتجة بمنتهى الدقة وهذا ما يسمح بالتوقف عن الحفر عند اختراق التشكيلة المنتجة.[43]

د. تقنية الحفر باستخدام الهواء المضغوط

تعود بدايات استخدام هذا النوع من الحفر إلى أوائل ستينيات القرن التاسع عشر، إذ استخدم نوع من الهواء المضغوط وبطريقة ميكانيكية لحفر نفق جبل سينيس Cenis بطول ثمانية أميال في سلسلة جبال الألب، وفي نهاية الأربعينيات وبداية الخمسينيات من القرن العشرين فقد الحفر باستخدام الهواء المضغوط أهميته من مقياس عمليات الحفر الدوراني.

تفضل تطبيقات الحفر باستخدام الهواء المضغوط في مناطق الصخور الجافة والصخور الصلبة، ذلك أن سوائل الحفر المتوسطة غير مكلفة قياساً إلى الماء وطين الحفر المرجح (أو الموزون)، وإن معدلات جيدة من الاختراق بالإمكان تحقيقها. من الناحية الاقتصادية وفيما يتعلق بنفقات سوائل الحفر فإن الحفر باستخدام الهواء المضغوط ليس له نظير عملياً، لكن هذا لا يعني خلوه من المعوقات التي ليس أقلها هو التفاعل مع المواد الهيدروكربونية.

من الناحية الكيميائية، فإن الهواء هو خليط من غازات عدة، وضمن ذلك الخليط هناك نسبة 21٪ أوكسجين وهي النسبة الضرورية اللازمة للبقاء

على قيد الحياة، علماً أن الحد الأدنى اللازم لاحتراق غاز الميثان من الأوكسجين عند مستوى سطح البحر هو 12٪ فقط.

عند وجود ما يكفي من الأوكسجين مع كمية كبيرة من الهيدروكربون، فإن التفاعل الكيميائي يؤدي إلى أكسدة الهيدروكربون بشكل كامل إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء والحرارة، وكما يأتي:

$$CH_4(gas) + 2O_2(gas) \rightarrow CO_2(gas) + 2H_2O(liq) + Heat$$

أما في حال وجود القليل من الأوكسجين مع كمية كبيرة من الهيدروكربون، فإن التفاعل الكيميائي لا يؤدي إلى أكسدة الهيدروكربون بشكل كامل إلى ثاني أوكسيد الكربون، بل يؤدي ذلك إلى الحصول على الكربون الأسود (المعروف باسم السخام) والماء والحرارة، وكما يأتي:

$$CH_4(gas) + O_2(gas) \rightarrow C(solid) + 2H_2O(liq) + Heat$$

أخيراً، فإنه بالإمكان القول إن الحفر باستخدام الهواء المضغوط لايزال يشكل طريقة شائعة للحفر، وهناك العديد من مزايا الحفر بهذه الطريقة، ولاسيما في الصخور الصلبة التي لا تحتوي على الماء والهيدروكربون.[44]

هـ. تقنية الحفر باستخدام الليزر

إن تشظية الصخور ليزرياً هي عملية إزالة الصخور باستخدام الليزر الناجم عن الإجهاد الحراري لكسر الصخور إلى أجزاء صغيرة قبل حدوث ذوبان الصخور. إن طاقة الليزر ذات الكثافة العالية تطبق على الصخور التي عادة ما تكون ذات توصيل حراري منخفض جداً.

يؤدي تركيز أشعة الليزر على سطح الصخرة إلى زيادة درجة حرارتها على الفور، ويمكن الحصول على أقصى درجة حرارة وهي أقل بقليل من درجة حرارة انصهار الصخور، وذلك عن طريق التحكم بدقة في مقاييس الليزر، إن هذه النتائج من الإجهاد الحراري كافية لتشظية الصخر في باطن الأرض. تستمر هذه العملية على سطح الصخور الجديدة وبمساعدة ضغط الغاز العالي يتم تطهير الأجزاء المتصدعة بعيداً، إن تقنية التكسير والتشظية الليزرية بالإمكان استعمالها لحفر ثقوب كبيرة الأقطار مثل ثقوب آبار النفط.[45]

إن الهدف من استخدام تطبيقات الليزر عند حفر وإكمال الآبار النفطية يكمن في محاولة تطوير طرائق حديثة أكثر كفاءة ونظافة لحفر هذه الآبار، ويتم ذلك من خلال ثقب التكوينات الصخرية الصلبة التي يتم مواجهتها عند أعظم الأعماق.[46]

استخدم مشروع الحفر بواسطة أشعة الليزر في مكانين، هما: التنقيب عن النفط والغاز في صناعة الطاقة والاستخدامات البيئية، ذلك أن أعمال حفريات النفط والغاز ركزت على الصخور الصلبة محاولة تقرير أكثر الطرائق كفاءة لعمل ثقب بالأرض بين الأنواع الثلاثة الأكثر شيوعاً من الصخور، وهي حجر الكلس والحجر الرملي والسجيل. أما الحفر البيئي فإنه يبقى الأقرب إلى سطح الأرض وهو يهتم في المقام الأول باختراق التربة والرواسب، مع الحاجة أحياناً إلى اختراق الصخور والنتوءات الصلبة للوصول إلى حيث الثقوب التي هناك حاجة إلى الذهاب إليها.[47]

و. تقنية الحفر باستخدام إشعاع المايكروويف

تعتمد هذه الطريقة على ظاهرة البقعة الساخنة الموقعية المتولدة عن إشعاع المايكروويف بالقرب من الحقل، يطبق الحفر باستخدام المايكروويف من خلال مشع محوري قرب الحقل ويغذّى من خلال مصدر مايكروويف تقليدي، إذ ينتج هذا المشع طاقة مايكروويف تسلط ضمن حجم صغير في المادة المحفورة تحت سطحها، والبقعة الساخنة تتطور على شكل هروب حراري سريع إلى الأسفل. بعد ذلك يتم إدخال القطب الكهربائي نفسه للمشع في المادة الناعمة لتشكيل الحفرة، إن هذه الطريقة يمكن تطبيقها في حفر المواد غير الموصلة للكهرباء، فقد تم إدخالها وبنجاح في حفر بعض المواد مثل السيراميك والزجاج والسيليكون والبازلت، كما أنها لا تتطلب أجزاء سريعة الدوران، فضلاً عن أنها لا تسبب الغبار ولا الضوضاء، وقد استخدمت هذه الطريقة ضمن إطار ضيق في حفر الآبار النفطية.[48]

العوائد الاقتصادية لاستخدام التقنيات الحديثة في استكشاف آبار النفط والغاز بمنطقة الخليج العربي

أولاً: قياس درجة الخصوبة النفطية

من الأخطاء الشائعة تصور أن كل اكتشاف نفطي يؤدي إلى حقل نفطي، فلو كان الأمر بهذه السهولة والبساطة لتضاعف عدد الحقول المكتشفة يوماً بعد يوم؛ إذ إن النجاح في اكتشاف النفط شيء وتحويل هذا الاكتشاف إلى حقل نفطي جديد شيء آخر. فهو يرتبط بالعديد من الاعتبارات التي يأتي

في مقدمتها اقتصاديات الاكتشاف التي تتحدد بعمق الطبقـة النفطيـة المنتجـة وسمكها، وغزارة الإنتاج، وضغط الخزان النفطي، وبُعد الحقل أو قربـه مـن ميناء الشحن، ونوع النفط المنتج، فإذا ما ثبتت إيجابيـة هـذه العوامـل أصـبح الاكتشاف حقلاً نفطياً، وإلا بقي الأمر مجرد اكتشاف معلق.[49]

عند قياس درجة الخصوبة النفطية، جرى العرف على قياسها مـن خـلال نسبة عدد الآبار الاستكشافية الناجحة التـي يكتـشف فيهـا الـنفط والغـاز إلى إجمالي عدد الآبار الاستكشافية، وهو معيار مقبول لقياس هذه الخصوبة. ولقـد تم اعتماد البيانات المنشورة ضمن نـشريات منظمـة الـدول المـصدرة للبـترول "أوبك" لتحديد درجة الخصوبة في آبار النفط والغاز المحفـورة ضـمن الفـترة 1985–2008، في بعض الدول في منطقة الخليج العربي، وذلك كما يأتي:

الجدول (1)

درجة خصوبة آبار النفط والغاز في عدد من دول منطقة الخليج العربي (2008-1985)

الدول	آبار النفط والغاز	مجموع الآبار الكلية	درجة الخصوبة ٪
الكويت	1080	1339	80.66
قطر	1057	1351	78.24
السعودية	2115	2576	82.10
الإمارات	2013	2629	76.57
العراق	252	314	80.25

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة في:

OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2008.

إن استخدام تقنيات الاستكشاف والاستخراج الحديثة أدت إلى زيادة نسبة نجاح الآبار الاستكشافية خلال المدة المذكورة آنفاً إذا ما قورنت بمدد زمنية سابقة، إذ بلغت هذه النسبة أقصاها في المملكة العربية السعودية التي وصلت فيها نسبة الآبار الناجحة إلى 82.10 في المائة من إجمالي الآبار الاستكشافية المحفورة. إن نسب النجاح هذه تتغير وتتطور من وقت لآخر ومن بلد لآخر، فقد تتحسن هذه النسب باختيار طرائق المسح الأكثر مناسبة لجيولوجية الدول، كما أنها قد تتغير من منطقة لأخرى ضمن نطاق الدولة الواحدة.

ومن الممكن اعتماد مقاييس أخرى في قياس الخصوبة النفطية، وذلك بالاعتماد على ما تضيفه الآبار الناجحة من إضافات إلى احتياطيات النفط والغاز، إلا أن التفاوت في إنتاج هذه الآبار وبشكل كبير يحتم علينا استخدام مقياس أفضل لقياس درجة الخصوبة النفطية، يتم ذلك من خلال مقارنة عدد الأقدام أو الأمتار المحفورة بمقدار ما يضاف إلى الاحتياطي.

ثانياً: العوائد الاقتصادية لتقنيات الاستكشاف الحديثة في منطقة الخليج العربي

إن تحليل العوائد الاقتصادية لا يشتمل على إظهار مقدار الواردات النقدية من عملات صعبة دخلت إلى الموازنات العامة لدول العينة، أو ما هي أوجه إنفاق هذه الدول للعوائد الاقتصادية، أو كم أصبح متوسط حصة الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لهذه الدول؛ وذلك بسبب تأثرها بتقلبات

الأسعار النفطية التي أدت إلى عدم استقرار حجم العوائد النقدية لدول العينة. لذلك اقتصر البحث على سرد إحصاءات عدد حقول النفط والغاز في عدد من دول منطقة الخليج العربي وما تتضمنه من احتياطيات هيدروكربونية مؤكدة ومتحققة والتي تُعد مصدراً مهماً للدخول والعوائد الاقتصادية في حال تحسن شروط السوق النفطية وتحسن مستويات الأسعار.

شهد الإنفاق على البحث والتطوير في الصناعة النفطية تزايداً مستمراً خلال الأعوام 1980-1985 مدفوعاً بأسعار النفط المرتفعة خلال تلك المدة، ثم بدأ بعد ذلك الإنفاق بالتراجع بعد انخفاض أسعار النفط خلال المدة 1985-1990 أعقبتها المدة الزمنية الأكثر أهمية 1990-1995، إذ لم يعد الإنفاق على البحث والتطوير لدى الشركات مرتبطاً بالأسعار (بالنسبة لصناعة الإمدادات والخدمات)، لكنه كان مدفوعاً بإعادة النظر في هندسة عمليات البحث والتطوير.

وإذا أعدنا النظر في المدة التي تراجع فيها إنفاق الشركات على البحث والتطوير، يلاحظ أنها المدة الزمنية التي تراجعت فيها تكاليف الاستكشاف والتطوير بفضل التقنيات الحديثة التي لعبت دورين في هذا السياق. أولهما خفض كلفة الاستكشاف نفسها بتراجع عدد الآبار الجافة، وثانيهما أنها فتحت مناطق جديدة للاستكشاف كما في المياه العميقة والمناطق البعيدة، مما أدى إلى زيادة الاحتياطيات النفطية المضافة.

لقد تم خفض كلفة التطوير إلى حدود أقل من كلفة الاستكشاف، وذلك عبر توليفة من عناصر ثلاثة هي: خفض كلفة الوحدات المختلفة، وخفض كلفة أنظمة الإنتاج، وخفض كلفة إدارة المشروع من خلال المشاركة أو التحالف. كذلك تم خفض كلفة التشغيل نتيجة الأتمتة (التشغيل الآلي) وإخلاء اليد العاملة من المنشآت أو الحد منها، إلا أن زيادة الاهتمام بالسلامة العامة وحماية البيئة قد أثر سلبياً في خفض الكلفة في هذا المجال.[50]

ويمكن إبراز ما تحصل من نتائج اقتصادية في ضوء تقنيات الاستكشاف والتنقيب التي اتبعتها بلدان العينة موضوع البحث، كما يأتي:

دولة الإمارات العربية المتحدة

ازداد النشاط الاستكشافي في دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 1995 من خلال إجرائها للمسح الزلزالي، فقد ازداد هذا النشاط ووصل إلى57 فرقة في الشهر في ذلك العام، لكنه عاد وانخفض في العام اللاحق ووصل إلى 24 فرقة في الشهر. واستمر الانخفاض في هذا النشاط حتى وصل إلى 12 فرقة في الشهر في عام 1997. وقد تم حفر 385 بئراً من الآبار الاستكشافية والتطويرية خلال هذه المدة (1995-1997)، وهي متوزعة ما بين آبار نفط وغاز. لكن الإضافة إلى آبار النفط والغاز في هذه الأعوام كانت ضعيفة لا تتجاوز بئرين للنفط وبئراً واحدة للغاز. وقد ارتفعت جهود النشاط الاستكشافي الخاصة بالمسح الزلزالي في عام 1998، ووصلت إلى 16 فرقة في الشهر. لكن هذا النشاط عاد إلى الانخفاض بعد

ذلك في عام 1998 فوصل إلى 14 فرقة في الشهر. ثم عـاد بعـد ذلـك هـذا النشاط إلى الارتفاع في عام 2000 فوصل إلى 19 فرقـة في الـشهر. ورافـق ذلك حفر 310 آبار من الآبار الاستكشافية والتطويرية خـلال هـذه المـدة متوزعة ما بين نفط وغـاز وأخـرى جافـة وآبـار أخـرى. ووفقـاً للنتـائج المتواضعة التي تحققت في هذه المـدة، فقـد ركـزت الـشركات العاملـة في الدولة جهودها على الحقول المنتجـة، بتنفيـذ مـسوحات زلزاليـة ثلاثيـة الأبعاد لحقول منها باب وزاكوم ومرغم.[51]

يظهر الجدول (2) أن الاستكشافات الجديدة مـستمرة في إنجـاز آبـار جديدة وصلت إلى أقصاها في عام 1985، وبنحـو 208 آبـار كانـت النـسبة الأكبر منها آباراً نفطية. لكـن، بعـد ذلـك عانـت الاستكـشافات الجديـدة انخفاضـاً في الأعـوام اللاحقـة، ونتيجـة لإدخـال تقنيـات الاستكـشاف الحديثة، ازداد عدد الآبار المنجزة فبلغ أقصاه بنحو 173 بئراً في عـام 2009، كانت النسبة الأكبر منها آباراً نفطية. إن ما ترتب على ذلك هو إدخال آبـار منتجة جديدة متوزعة بين نفط خام وغـاز طبيعـي، فقـد بلـغ عـدد الآبـار المنتجة في عام 2008 نحو 1782 بئراً، وكان عدد التي تنـتج بتـدفق طبيعـي نحو 1306 آبار، وهو أكبر من تلك التي تنتج بتدفق اصطناعي والتي بلغت نحو 476 بئراً.

إن الإضافات المستمرة في عدد الآبار المنتجة نتيجة لاستخدام تقنيـات الاستكشاف الحديثة جعلت حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة تهدف إلى

زيادة إنتاجها من النفط الخام لكي يصل إلى نحو 3.5 مليون برميل يومياً خلال العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين؛ إذ إن المشاريع الرئيسية لشركة بترول أبوظبي الوطنية "أدنوك" تتماشى مع تحقيق هذا الهدف، فالشركة تخطط لتنفيذ هذه المشاريع خلال المدة نفسها. بناءً على ذلك، فإن أدنوك تركز على تحسين إنتاج الحقول الحالية، مثل حقول زاكوم الأعلى وأم الشيف، فضلاً عن تطوير حقول جديدة مثل نصر وصرب وغاشا بطيني. كما أن هناك مشاريع مستقبلية عدة ستنفذها الشركة، سيكون عدد منها في مجال الحفر وإتمام الآبار الجديدة، وبعضها الآخر في مجال توسعة المصانع وبناء مرافق جديدة.[52]

أدى الارتفاع النسبي في أسعار النفط خلال النصف الأول من عام 2008 إلى تنشيط قطاع الاستكشاف والبحث عن احتياطيات جديدة على المستوى العالمي، وبخاصة في المناطق الصعبة مثل المياه العميقة؛ ما قاد إلى تحقيق العديد من الاكتشافات، إذ شهدت الميزانيات المخصصة لنشاط الاستكشاف والإنتاج في عدد من الدول العربية ارتفاعاً في عام 2008، مقارنة بعام 2007، كالارتفاع الذي شهدته ميزانية شركة أدنوك بنسبة 15 في المائة، وانعكس ذلك في زيادة حجم الاحتياطيات النفطية نتيجة لزيادة الجهد الاستكشافي والاستخراجي.[53]

الجدول (2)

الآبـار المنجزة والآبار المنتجـة في دولـة الإمارات العربيـة المتحدة للفـترة 1985 - 2010

الأعوام	آبار النفط	آبار الغاز	آبار جافة	آبار أخرى	الآبار المنجزة الكلية	آبار التدفق الطبيعي	آبار التدفق الصناعي	الآبار المنتجة
1985	133	0	11	64	208	419	213	632
1986	93	1	2	56	152	678	223	901
1987	60	0	0	18	78	614	205	819
1988	52	1	2	7	62	924	223	1147
1989	52	2	1	8	63	899	248	1147
1990	63	2	3	7	75	910	299	1209
1991	70	10	8	23	111	1148	333	1481
1992	73	4	1	33	111	971	365	1336
1993	44	15	5	50	114	937	349	1286
1994	39	24	6	39	108	953	359	1312
1995	60	18	5	29	112	988	376	1364
1996	61	36	6	22	125	1045	382	1427
1997	72	45	7	24	148	1056	379	1435
1998	65	22	7	31	125	1069	382	1451
1999	50	28	6	24	108	1075	349	1424
2000	43	30	2	12	87	1143	362	1505
2001	46	30	4	12	92	1063	347	1410
2002	53	32	2	14	101	1068	349	1417
2003	54	34	4	11	103	1240	436	1676
2004	51	35	3	12	101	1126	381	1507
2005	94	6	4	5	109	1186	397	1583
2006	93	5	3	4	105	1247	412	1659
2007	96	7	2	7	112	1276	443	1719
2008	99	10	1	12	119	1306	476	1782
2009	144	10	1	18	173	1132	384	1516
2010	غ م	غ م	غ م	غ م	146	غ م	غ م	1488

المصـدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:
OPEC Annual Statistical Bulletin 1999-2010.

ملاحظة: (غ م) تعني في جداول هذه الدراسة "غير متوافر".

بعد انهيار أسعار النفط في عام 1986 تراجعت الميزانية التي تخصصها العديد من الدول لأغراض الاستكشاف والتنقيب عن النفط والغاز، لكن في هذا العام تزايد حجم الاحتياطيات النفطية في دولة الإمارات العربية المتحدة لتصل إلى نحو 97.2 مليار برميل من النفط الخام. كذلك زاد حجم الاحتياطيات من الغاز الطبيعي في العام نفسه لتصل إلى نحو 5.4 تريليون متر مكعب. إن زيادة حجم الاحتياطيات من النفط والغاز مكن دولة الإمارات من زيادة حجم إنتاجها من هاتين المادتين مع مرور الزمن، فقد تجاوز إنتاج النفط حاجز 2.5 مليون برميل يومياً لأول مرة في عام 2006. إن ما ترتب على الارتفاع النسبي في الأسعار النفطية خلال النصف الأول من عام 2008 هو تنشيط حركة الاستكشاف والبحث عن احتياطيات جديدة على المستوى العالمي؛ إذ انعكس ذلك في زيادة حجم الاحتياطيات من النفط الخام والغاز الطبيعي نتيجة لزيادة الجهد الاستكشافي. إن الزيادة الملحوظة للطلب الداخلي على الغاز أعطت حافزاً لدولة الإمارات لزيادة حجم إنتاجها منه. لقد أسهمت زيادة حجم الاحتياطيات من النفط الخام والغاز الطبيعي كذلك في تزايد نسبة التعويض عن الحجم المنتج من هاتين المادتين. ويوضح الجدول (3) احتياطيات النفط والغاز في دولة الإمارات العربية المتحدة للفترة 1980–2010.

الجدول (3)

احتياطيات النفط والغاز في دولة الإمارات العربية المتحدة للفترة 1980-2010

الأعوام	احتياطي الغاز مليار متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز المسوق مليون متر مكعب	سعر خام دبي دولار/ للبرميل	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1980	2370	30.410	1701.9	6863	35.69	48.954
1981	2529	32.176	1502.3	9075	34.32	58.679
1982	2973	32.354	1248.8	8320	31.80	70.981
1983	3049	32.340	1149.0	8400	28.78	77.113
1984	3108	32.490	1069.0	11060	28.06	83.268
1985	3148	32.990	1012.6	13210	27.53	89.259
1986	5414	97.203	1146.0	15220	13.10	232.382
1987	5684	98.105	1281.1	18890	16.95	209.805
1988	5663	98.105	1323.5	19360	13.27	203.083
1989	5650	98.105	1593.0	22380	15.62	168.726
1990	5623	98.100	1762.6	22110	20.45	152.483
1991	5793	98.100	2027.4	25810	16.63	132.567
1992	5795	98.100	2235.7	22170	17.17	120.216
1993	5795	98.100	2159.3	22990	14.93	124.470
1994	6777	98.100	2166.5	25820	14.74	124.056
1995	5859	98.100	2148.0	31320	16.10	125.124
1996	5784	97.800	2161.3	33800	18.52	123.974
1997	6063	97.800	2160.7	36310	18.23	124.009
1998	5996	97.800	2244.1	37070	12.21	119.400
1999	5936	97.800	2048.8	38990	17.25	130.782

123.210	26.20	38380	2174.7	97.800	6060	2000
126.676	22.81	44940	2115.2	97.800	6060	2001
141.002	23.74	43390	1900.3	97.800	6060	2002
119.193	26.78	44800	2248.0	97.800	6060	2003
114.331	33.64	46290	2343.6	97.800	6060	2004
112.677	49.35	47790	2378.0	97.800	6060	2005
104.340	61.50	48790	2568.0	97.800	6040	2006
105.949	68.19	50290	2529.0	97.800	6072	2007
104.170	94.34	50240	2572.2	97.800	6091	2008
119.533	61.39	48840	2241.6	97.800	6091	2009
115.305	78.06	51282	2323.8	97.800	6091	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

BP Statistical Review of World Energy, 2008- 2011; OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

المملكة العربية السعودية

استمرت أعمال التنقيب في المملكة العربية السعودية في توجيه ما يتم تسجيله ومعالجته من بيانات برامج المسح الزلزالي المتفرق الثلاثي الأبعاد، التي جرى تنفيذها في الحقول المنتجة، وذلك لتأمين معلومات قيمة يستفاد منها في جهود إدارة المكامن. أدى ذلك إلى زيادة الربحية بما أتاح من إمكانية أفضل لتحديد المكامن، ووصف بشكل دقيق وساعد الاختصاصيين في اختيار أفضل المواقع لحفر الآبار؛ الأمر الذي أدى إلى استخلاص كميات أكبر من النفط والغاز بتكلفة أقل.

لقد ساعدت الطريقة المغناطيسية على اكتشاف حقول نفطية عدة في المملكة العربية السعودية، منها حقول الحوطة والدلم في عام 1989 والرغيب والنعيم والحلوة والهزمية والغينة في المنطقة الوسطى في عام 1990، ثم حقل مدين على الساحل الشمالي للبحر الأحمر في عام 1993. كما هدف برنامج التنقيب عن النفط والغاز إلى العثور على احتياطيات أخرى من النفط الممتاز والغاز غير المرافق بالقرب من مرافق النفط والغاز القائمة.

وباستخدامها لأسلوب المسح الزلزالي المتفرق الثلاثي الأبعاد، استطاعت شركة أرامكو السعودية الحصول على أعمال مسح كبيرة في مدة زمنية قصيرة وبطريقة غير مكلفة، وفي العادة تحصل فرق المسح الثلاثي الأبعاد على بيانات ما بين 3 إلى 6 كيلومترات مربعة في اليوم، بينما باستخدام فرق المسح الزلزالي المتفرق الثلاثي الأبعاد استطاعت الحصول على بيانات لما يصل إلى 30 كيلومتراً مربعاً في اليوم.

سيؤدي الحصول على بيانات المسح المتفرق الثلاثي الأبعاد إلى الحصول على أحجام مسح ثلاثي الأبعاد مناسبة للحصول على تفسير للتراكيب الجيولوجية، فضلاً عن ذلك فإن معالجة المسح الزلزالي المتفرق الثلاثي الأبعاد تأخذ وقتاً أقل مقارنة بالمسح العادي الثلاثي الأبعاد، مما يقلل دورة العمل ويساعد في سرعة اتخاذ قرار تحديد المنطقة التي يجب الحفر فيها.

يظهر الجدول (4) استمرار إضافة الاستكشافات الجديدة من آبار منجزة جديدة وصلت إلى أقصاها في عام 2008، وبنحو 609 آبار كان منها

نحو 441 بئراً نفطية، وذلك نتيجة لإدخال تقنيات الاستكشاف الحديثة في هذا الحقل. وفي العام نفسه (2008) بلغ عدد الآبار المنتجة في المملكة نحو 2811 بئراً كان منها نحو 2659 بئراً تنتج بتدفق طبيعي وهو أكبر من تلك التي تنتج بتدفق اصطناعي والبالغة نحو 152 بئراً.

الجدول (4)

الآبار المنجزة والمنتجة في المملكة العربية السعودية للفترة 1985-2010

الأعوام	آبار النفط	آبار الغاز	آبار جافة	آبار أخرى	الآبار المنجزة الكلية	آبار التدفق الطبيعي	آبار التدفق الصناعي	الآبار المنتجة
1985	82	0	0	14	96	731	314	1045
1986	17	4	0	9	30	588	0	588
1987	9	2	0	13	24	580	0	580
1988	7	0	0	11	18	590	0	590
1989	20	1	0	24	45	858	0	858
1990	71	0	3	24	98	980	0	980
1991	127	0	1	69	197	1400	0	1400
1992	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1400	10	1410
1993	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1380	10	1390
1994	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1360	12	1372
1995	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1246	94	1340
1996	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1320	100	1420
1997	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1455	110	1565
1998	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1430	105	1535
1999	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1400	75	1475
2000	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1457	93	1550

1575	95	1480	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	2001
1525	95	1430	250	34	9	45	162	2002
1789	125	1664	330	46	11	59	214	2003
1820	120	1700	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	2004
1885	125	1760	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	2005
1900	129	1771	396	24	4	35	333	2006
2310	140	2170	483	50	5	45	383	2007
2811	152	2659	609	104	6	58	441	2008
1823	113	1710	450	68	3	39	340	2009
2889	غ م	غ م	386	غ م	غ م	غ م	غ م	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

ويلاحظ أن احتياطي النفط الخام الثابت وجوده والقابل للاستخلاص المتبقي في الحقول التي تديرها شركة أرامكو السعودية بلغ نحو 264.3 مليار برميل في عام 2004 الذي تزايد في حجمه بمقدار 96.27 مليار برميل، وبنسبة 57٪ عن احتياطي النفط الخام لعام 1980 البالغ 168.03 مليار برميل، بينما بلغ مجموع إنتاج النفط الخام التراكمي للفترة 1938–2004 ما يقارب 89 مليار برميل؛ أي أن شركة أرامكو عوضت من خلال اكتشافاتها النفطية كامل الكميات المنتجة خلال تلك الفترة السابقة، وزادت عليها بقليل، وهي نقطة مهمة تحسب لصالح نجاحات الاستكشاف والتنقيب في السعودية.

إن الجزء الأكبر من هذا الاحتياطي المتبقي يوجد في عدد قليل من الحقول الكبيرة التي تشمل حقل الغوار (يعد أكبر حقل نفط خام على

اليابسة) وحقل السفانية (أكبر حقل في العالم في المنطقة المغمورة) وحقلي بقيق والبري. ونتيجة للجهود المميزة للتنقيب وتطوير المكامن والإنتاج فقد زاد احتياطي السعودية من النفط الخام خلال السنوات الماضية مقارنة بعقد الثمانينيات من القرن الماضي.

وقد احتلت المملكة العربية السعودية في عام 2004 المرتبة الرابعة في احتياطي الغاز المثبت وجوده عالمياً، وقد استطاعت أرامكو السعودية إضافة نحو 3.651 تريليون متر مكعب إلى احتياطي السعودية من الغاز ما بين عامي 1980 و2004 بنسبة زيادة وصلت إلى نحو 114.7٪ على احتياطي عام 1980، نتيجة لذلك عوضت المملكة استهلاكها من الغاز في الأعوام 1935 – 2004 واستطاعت رفع احتياطيها من الغاز الطبيعي إلى نحو 6.834 تريليون متر مكعب في عام 2004. لقد حققت شركة أرامكو إنجازات جيدة في تطوير حجم احتياطيات الغاز، التي ارتفع حجمها من 3.183 تريليون متر مكعب في عام 1980 إلى 6.834 تريليون متر مكعب في عام 2004، ثم بلغت نحو 8.016 تريليون قدم مكعب عام 2010، ومازالت تبذل جهوداً حثيثة في التنقيب عن مصادر جديدة للغاز غير المرافق لمقابلة آفاق التنمية الاقتصادية الواعدة ولإتاحة فرص تصدير كميات أكبر للأسواق الدولية.[54]

واصلت شركة أرامكو أعمال التنقيب والاستكشاف عن موارد النفط والغاز خلال الفترة 2006–2010، كما واصلت شركة أرامكو لأعمال الخليج المحدودة تطوير أعمالها في مجال الاستكشاف والتطوير، أما شركة شيفرون

العربية السعودية فقد قامت بعمل دراسات ومعالجة بيانات زلزالية ثنائية وثلاثية الأبعاد لعدد من حقول منطقة الامتياز. كما واصلت شركات الغاز أعمالها في مجال المسح والاستكشاف والتنقيب عن الغاز، وقد أدت عمليات الاستكشاف والحفر لحقول النفط والغاز عن طريق الشركات النفطية العاملة في المملكة إلى اكتشاف النفط والغاز والمكثفات في عدد من الآبار، وذلك من خلال عدد من فرق المسح الزلزالي في مناطق مختلفة من المملكة، فضلاً عن حفر الآبار العميقة لحقب الحياة القديمة وذلك للبحث عن مكامن جديدة حاملة للنفط والغاز.[55]

يوضح الجدول (5) احتياطيات النفط والغاز في المملكة العربية السعودية للمدة 1980-2010، ففي عام 1988 تزايدت حجم الاحتياطيات النفطية لتصل إلى نحو 255 مليار برميل من النفط الخام، بعد أن كان يقدر بنحو169 مليار برميل في العام السابق عليه. كذلك زاد حجم الاحتياطيات من الغاز الطبيعي بشكل مستمر حتى بلغت أقصاها في عام 2010 لتصل إلى نحو أكثر من 8 تريليونات متر مكعب.

إن زيادة حجم الاحتياطيات من النفط والغاز خلال المدة 1980-2010 مكن السعودية من زيادة حجم إنتاجها من هاتين المادتين مع مرور الزمن، إذ تجاوز إنتاج النفط فيها حاجز الأربعة ملايين برميل يومياً بعد تخليها عن دور المنتج المرجح ضمن أوبك في عام 1986، ثم تجاوز أكثر من تسعة ملايين برميل في اليوم في عام 2005، كذلك زاد حجم الإنتاج المسوق من الغاز

الطبيعي بشكل مستمر خلال هذه المدة حتى بلغ أقصاه في عام 2010 ليصل إلى نحو 87660 مليون متر مكعب.

الجدول (5)

احتياطيات النفط والغاز في المملكة العربية السعودية للفترة 1980-2010

الأعوام	احتياطي الغاز تريليون متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز المسوق مليون متر مكعب	سعر الخام العربي الخفيف دولار/ للبرميل	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1980	3.183	168.030	9900.5	11431	28.64	46.498
1981	3.346	167.850	9808.0	22245	32.51	46.887
1982	3.432	165.484	6483.0	8590	32.38	69.934
1983	3.544	168.848	4539.4	4380	29.04	101.907
1984	3.608	171.710	4079.1	18200	28.20	115.329
1985	3.687	171.490	3175.0	18800	27.01	147.98
1986	4.021	169.744	4784.2	25200	13.53	97.206
1987	4.190	169.585	3975.2	26800	17.73	116.879
1988	5.020	254.989	5100.1	29100	14.24	136.978
1989	5.218	260.050	5064.5	29800	17.31	140.678
1990	5.223	260.342	6412.5	33520	22.26	111.231
1991	5.221	260.936	8117.8	35170	18.62	88.065
1992	5.249	261.203	8331.7	38250	18.44	85.892
1993	5.249	261.355	8047.7	40040	16.33	88.975
1994	5.260	261.374	8049.0	42770	15.53	88.967
1995	5.545	261.450	8023.4	42930	16.86	89.277
1996	5.693	261.444	8102.3	44510	20.29	88.405
1997	5.882	261.541	8011.7	45840	18.68	89.438

86.538	12.28	46720	8280.2	261.542	6.068	1998
95.173	17.47	46200	7564.7	262.784	6.146	1999
88.938	27.60	49810	8094.5	262.766	6.301	2000
91.232	23.12	53690	7888.9	262.697	6.456	2001
101.503	24.36	57320	7093.1	262.790	6.646	2002
85.587	28.10	60060	8410.3	262.730	6.754	2003
81.391	35.17	65680	8897.0	264.310	6.834	2004
77.391	50.21	71240	9353.3	264.211	6.900	2005
78.625	61.10	73461	9207.9	264.251	7.154	2006
82.108	68.75	74420	8816.0	264.209	7.305	2007
78.654	95.16	80440	9198.0	264.063	7.570	2008
88.576	61.38	78450	8184.0	264.590	7.920	2009
88.749	77.82	87660	8165.6	264.510	8.016	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

BP Statistical Review of World Energy, 2008- 2011; OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

جمهورية العراق

اقتصر هدف النشاط الاستكشافي للشركات الأجنبية في العراق قبل التأميم على استكشاف عدد من الحقول النفطية القادرة على تلبية الهدف الإنتاجي آنذاك، والمحدد ضمن استراتيجية الشركات لتوزيع الإنتاج النفطي من مناطق عملياتها داخل العراق. وبناء عليه ظل هذا النشاط محدوداً وانتقائياً. وبعد اكتشاف حقول كركوك وجمبور وباي حسن في الشمال وحقلي الزبير والرميلة في جنوب العراق تباطأ النشاط الاستكشافي بدرجة كبيرة، وجرى التركيز على تطوير إنتاج تلك الحقول.

بعد تأميم عمليات الشركات الأجنبية خلال المدة 1972-1975 واضطلاع شركة النفط الوطنية آنذاك بالنشاط الاستكشافي، أصبح هدف الاستكشاف الوطني شاملاً مناطق العراق كافة لتقييم مجمل احتياطياته النفطية من جانب، ولتلبية المعدلات الإنتاجية المتصاعدة من جانب آخر. كما أصبح الحد الأدنى للمردود الاستكشافي هو إضافة سنوية إلى الاحتياطيات المثبتة تكافئ معدل الاستنزاف السنوي الناجم عن الإنتاج. كان المعول عليه في ذلك النشاط هو الجهد الوطني المباشر؛ إذ تعاظم ليصل إلى 12 فرقة زلزالية وطنية، و10 فرق أجنبية عاملة في نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات من القرن الماضي، فضلاً عن 10 أبراج للحفر الاستكشافي والتقييمي. لكن ذلك الجهد وتحت وطأة الحروب المتعاقبة والحظر النفطي على الصادرات النفطية العراقية في عام 1990 أخذ بالانحسار لينتهي به الحال إلى الشلل شبه التام في أعقاب حرب عام 2003.[56]

تحت وطأة الحصار وانحسار القدرة الذاتية ونقص الاستثمارات المالية ونظراً للحاجة الماسة إلى تفعيل النشاط الاستكشافي في العراق، اتجه التفكير إلى أسلوب آخر للتعاون مع الشركات النفطية العالمية بدءاً بمنطقة الصحراء الغربية في العراق. ونظراً لأهمية النشاط الاستكشافي لما له من دور مركزي في التعرف على الثروة الهيدروكربونية وتوفير بدائل للإنتاج من حقول جديدة، فقد وضعت وزارة النفط العراقية خطة لتطوير هذا النشاط بالاتجاهات الآتية:[57]

1. زيادة قدرات المسح الزلزالي بإعادة تشغيل الفرق الزلزالية الوطنية ورفع كفاءتها، فضلاً عن تطوير قدرات المعالجة وتفسير المعلومات وخزنها بالوسائل الحديثة واسترجاعها.

2. العمل على اكتشاف احتياطيات جديدة لتعزيز الاحتياطي المتوافر من خلال تكثيف عمليات الحفر الاستكشافي والتقييمي في مناطق الاحتمالات وإعطائه أولوية، وذلك لتحويل جزء من الاحتياطي المحتمل إلى احتياطي مثبت بما ينسجم وآفاق تطوير الطاقة الإنتاجية من النفط الخام.

3. التوجه نحو تنفيذ برنامج واسع من العمل الاستكشافي من جهد زلزالي وحفر استكشافي وتقييمي في مناطق العراق كافة لإضافة احتياطيات نفطية وغازية جديدة.

4. استهداف زيادة الاحتياطيات الغازية في البلاد، لتوفير المرونة في التجهيز الداخلي بمعزل عن النفط الخام، وتلبية الحاجة المتزايدة لمحطات الطاقة الكهربائية. إن استخدام تقنية الحفر الموجه لإعادة حفر الآبار العمودية في حقول النفط العراقية أدى إلى زيادة الاحتياطيات المستخلصة ورفع معامل الاستخلاص بنحو 35 في المائة.

الجدول (6)

الآبار المنجزة والآبار المنتجة في العراق للفترة 1985-2010

الأعوام	آبار النفط	آبار الغاز	آبار جافة	آبار أخرى	الآبار المنجزة	آبار التدفق الطبيعي	آبار التدفق الصناعي	الآبار المنتجة
1985	غ م	غ م	غ م	غ م	60	غ م	غ م	غ م
1986	غ م	غ م	غ م	غ م	90	غ م	غ م	غ م
1987	غ م	غ م	غ م	غ م	52	غ م	غ م	غ م
1988	88	0	3	11	102	435	0	435
1989	137	3	0	38	178	378	0	378
1990	غ م	غ م	غ م	غ م	113	58	0	58
1991	غ م	غ م	غ م	غ م	5	58	0	58
1992	غ م	غ م	غ م	غ م	31	58	0	58
1993	غ م	غ م	غ م	غ م	30	58	0	58
1994	غ م	غ م	غ م	غ م	8	غ م	غ م	غ م
1995	غ م	غ م	غ م	غ م	10	غ م	غ م	غ م
1996	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م
1997	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م
1998	غ م	غ م	غ م	غ م	12	غ م	غ م	غ م
1999	غ م	غ م	غ م	غ م	12	غ م	غ م	غ م
2000	غ م	غ م	غ م	غ م	14	غ م	غ م	غ م
2001	غ م	غ م	غ م	غ م	16	غ م	غ م	غ م
2002	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م

2003	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م
2004	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1288	238	1526
2005	غ م	غ م	غ م	غ م	غ م	1273	235	1508
2006	14	غ م	1	4	19	1258	232	1490
2007	10	غ م	1	4	15	1250	230	1480
2008	غ م	غ م	غ م	غ م	20	748	53	801
2009	غ م	غ م	غ م	غ م	23	1439	218	1657
2010	غ م	غ م	غ م	غ م	71	غ م	غ م	1512

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

تظهر بيانات الجدول (6) أن الاستكشافات الجديدة من آبار منجزة جديدة وصلت إلى أدناها في أثناء الحرب العراقية- الإيرانية وتوقفت سنين عدة، وكذلك الحال بعد فرض العقوبات الاقتصادية من الأمم المتحدة على العراق بعد احتلال العراق لدولة الكويت في عام 1990. لكن في عام 2006 والأعوام التي تلته بدأت أعداد الآبار المنجزة بالتزايد ووصلت أقصاها في عام 2009 وبنحو 23 بئراً. كما لوحظ زيادة في عدد الآبار المنتجة التي وصلت إلى أقصاها في العام نفسه وبنحو 1657 بئراً، وذلك نتيجة لتفعيل النشاط الاستكشافي من خلال إعادة تشغيل الفرق الزلزالية الوطنية ورفع كفاءتها، فضلاً عن التعاون مع الشركات النفطية العالمية التي عملت على إدخال تقنيات الاستكشاف الحديثة في هذا الميدان.

الجدول (7)

احتياطيات حقول النفط والغاز في العراق للفترة 1980-2010

الأعوام	احتياطي الغاز تريليون متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز المسوق مليون متر مكعب	سعر العالمي للنفط بالدولار	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1980	0.8	30.0	2658	1281	36.50	30.922
1981	0.8	32.0	907	620	35.48	96.661
1982	0.8	59.0	988	680	32.69	163.607
1983	0.8	65.0	1106	470	29.29	161.015
1984	0.8	65.0	1228	590	28.57	145.018
1985	0.8	65.0	1425	850	27.60	124.970
1986	0.8	72.0	1899	1550	13.96	103.876
1987	1.0	100.0	2391	3750	18.16	114.585
1988	2.7	100.0	2782	5600	14.69	98.480
1989	3.1	100.0	2838	6450	17.83	96.537
1990	3.1	100.0	2149	3980	22.82	127.488
1991	3.1	100.0	285	1740	19.41	....
1992	3.1	100.0	531	2270	19.04	....
1993	3.1	100.0	455	2550	16.79	....
1994	3.1	100.0	505	3170	15.91	....
1995	3.4	100.0	530	3170	17.18	....
1996	3.4	112.0	580	3240	20.49	....
1997	3.2	112.5	1166	3050	19.24	....
1998	3.2	112.5	2121	2950	13.07	145.318
1999	3.3	112.5	2610	3180	18.15	118.092
2000	3.1	112.5	2614	3150	28.35	117.911
2001	3.1	115.0	2523	2760	24.43	124.879
2002	3.2	115.0	2116	2360	24.99	148.898
2003	3.2	115.0	1344	1560	28.89	....
2004	3.2	115.0	2030	1000	37.78	155.206

170.032	53.44	1450	1853	115.0	3.2	2005
160.996	64.25	1450	1957	115.0	3.2	2006
154.825	71.07	1460	2035	115.0	3.2	2007
138.188	97.07	1880	2280	115.0	3.2	2008
134.875	61.80	1149	2336	115.0	3.2	2009
166.150	79.04	1303	2358	143.0	3.2	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

BP Statistical Review of World Energy, 2008-2011; OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

ملاحظة: الإشارة (...) تعني تأثر الصناعة النفطية بظروف الحرب والحصار النفطي.

كما يبين الجدول (7) فقد بقيت أعمال الاستكشاف والحفر الاستكشافي في توقف لمدة طويلة، لذلك بقي الإعلان عن احتياطيات جديدة من حقول النفط الخام والغاز الطبيعي على حالها دون تغيير لمدة طويلة. لكن الحال تغير بعد ذلك، إذ بدأت هذه الاحتياطيات بالزيادة منذ عام 2006 بالتوافق مع التحسن الكبير في أسعار النفط العالمية خلال عام 2007 والنصف الأول من عام 2008. يرى المتتبعون لسياسة القيادة العراقية قبل عام 2003 أنها كانت تتفادى نشر أي معلومات جديدة، وبخاصة النفطية منها. ومن ثم، فقد بقيت أرقام الاحتياطيات المكتشفة منذ تأسيس شركة النفط الوطنية طي الكتمان.

تغير الأمر بعد عام 2003، إذ اتبعت الحكومات سياسة جديدة تتماشى مع انفتاحها على شركات النفط العالمية في دعوتها للعمل في العراق. كما أنها كانت محاولة تدريجية لخلق مصداقية للاحتياطيات النفطية العراقية قبل الزيادة الكبرى في الإنتاج العراقي، وتأهيله للحصول على حصة إنتاج جديدة أكبر ضمن منظمة أوبك.

دولة قطر

بدأت العمليات الاستكشافية في دولة قطر في ثلاثينيات القرن العشرين، ويمثل اكتشاف حقل دخان البري العملاق في بداية الأربعينيات نقطة تحول في تاريخ قطر الحديث. ومع انطلاق العمليات الاستكشافية البحرية في الخمسينيات تمكنت شركة شل قطر في عام 1960 من تحقيق أول اكتشاف بحري وهو حقل العد الشرقي، تلاه اكتشاف حقل ميدان محزم في عام 1963، بعد ذلك تم اكتشاف حقل بو الحنين من قبل شركة أدما في عام 1965. ومع تواصل الاستكشاف البحري تمكنت شركة شل قطر من تحقيق اكتشاف مهم وهو حقل الشمال الغازي في عام 1971، بعد أن حققت قبل ذلك بأشهر اكتشافاً صغيراً هو التركيب النفطي البحري A-Structure. وتم اكتشاف النفط والغاز في طبقات العصر الطباشيري في عام 1974 وهو ما تم تطويره لاحقاً ليكون حقل الشاهين البحري. كما تمكنت شركة ونترشال الألمانية خلال عقد السبعينيات نفسه من تحقيق اكتشاف نفطي عرف لاحقاً بحقل الريان. وحيث إن التراكيب النفطية السهلة قد تم اكتشافها، فإن المرحلة التالية هي مرحلة استكشاف المصائد النفطية غير التقليدية والمصائد النفطية الموجودة على أعماق كبيرة في الأعوام الأخيرة. إن تتابع الاكتشافات النفطية والغازية جعل من دولة قطر مركزاً نشطاً لعمليات الاستكشاف والإنتاج وإنشاء المرافئ النفطية والغازية، وما ترتب على ذلك أيضاً هو قيام الصناعات البتروكيمياوية والصناعات المعتمدة على الغاز الطبيعي.[58]

قامت دولة قطر في عـام 1989 بتطبيـق تقنيـات المـسوحات الزلزاليـة الثنائيـة والثلاثيـة الأبعـاد ومعالجتهـا وتفـسيرها، وكـان مـن نتـائج هـذه التطبيقات اكتشاف حقل الخليج وتطوير ناجح لحقلي الريان والـشاهين، إذ يتكون كل منهما من مكامن مركبة. كما دلت شواهد نفطية وغازية على توقع اكتشاف حقول مشابهة جيولوجياً في المستقبل، فقد تطور الإنتـاج في حقـلي الشاهين والريان.[59]

الجدول (8)

الآبار المنجزة والآبار المنتجة في دولة قطر للفترة 1985-2010

الأعوام	آبار النفط	آبار الغاز	آبار جافة	آبار أخرى	الآبار المنجزة الكلية	آبار التدفق الطبيعي	آبار التدفق الصناعي	الآبار المنتجة
1985	10	1	0	2	13	184	0	184
1986	2	1	0	1	4	165	0	165
1987	0	1	1	6	8	194	3	197
1988	8	18	8	2	36	168	4	172
1989	11	0	0	1	12	168	4	172
1990	7	0	4	12	23	176	18	194
1991	22	0	3	0	25	209	20	229
1992	5	4	3	0	12	260	8	268
1993	22	0	0	15	37	280	10	290
1994	36	1	1	0	38	296	11	307
1995	26	2	2	0	30	231	32	263
1996	71	2	5	0	78	253	35	288
1997	100	10	4	7	121	317	43	360
1998	79	13	0	25	117	348	64	412
1999	40	4	0	22	66	322	89	411
2000	40	12	2	12	66	325	90	415
2001	61	1	4	21	87	307	135	442

2002	57	7	1	31	96	309	159	468
2003	42	7	3	22	74	361	195	556
2004	45	9	3	25	82	325	160	485
2005	12	31	4	15	62	219	101	320
2006	17	44	5	19	85	227	105	332
2007	20	65	1	2	88	295	118	413
2008	24	67	0	0	89	383	133	516
2009	8	65	0	0	94	288	139	513
2010	غ م	غ م	غ م	غ م	35	غ م	غ م	527

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

يظهر الجدول (8) استمرار إضافة الاستكشافات الجديدة من آبار منجزة جديدة كانت النسبة الأكبر منها هي حقول نفطية وصلت إلى أقصاها في عام 1997، لكن الحال تغير منذ عام 2005 فقد ازدادت نسبة الآبار المنجزة من الغاز الطبيعي بشكل واضح. كما ازدادت عدد الآبار المنتجة التي تجاوزت حاجز 500 بئر لأول مرة في عام 2003 وكانت النسبة الأكبر منها هي تلك التي تعمل بتدفق طبيعي.

الجدول (9)

احتياطيات النفط والغاز في دولة قطر للفترة 1980-2010

الأعوام	احتياطي الغاز تريليون متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز المسوق مليون متر مكعب	سعر النفط دولار للبرميل	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1980	2.8	3.6	476	4741	31.41	20.7206
1981	2.8	3.5	421	4323	32.30	22.7768
1982	3.1	3.4	345	5055	31.42	27.0002
1983	3.4	3.3	316	5235	28.82	28.6111
1984	4.3	4.5	353	5930	28.26	34.9257

39.1389	27.01	5460	315	4.5	4.4	1985
34.7289	13.21	5800	355	4.5	4.4	1986
39.1389	17.40	5610	315	4.5	4.4	1987
34.2466	13.63	5860	360	4.5	4.6	1988
30.5925	16.18	6200	403	4.5	4.6	1989
18.9382	21.22	6300	434	3.0	4.6	1990
19.5695	17.86	7630	420	3.0	6.4	1991
17.1579	18.49	12620	495	3.1	6.7	1992
18.4634	16.21	13500	460	3.1	7.1	1993
21.2617	15.82	13500	451	3.5	7.1	1994
21.9891	16.73	13500	461	3.7	8.5	1995
17.8468	19.46	13700	568	3.7	8.5	1996
49.4893	18.99	17400	692	12.5	8.5	1997
52.7622	12.55	19580	701	13.5	10.9	1998
49.641	17.65	22050	723	13.1	11.2	1999
61.1643	26.63	24900	757	16.9	14.4	2000
61.0443	23.23	27000	754	16.8	25.8	2001
98.9744	23.99	29500	764	27.6	25.8	2002
84.1554	27.05	31400	879	27.0	25.3	2003
74.293	34.04	39170	992	26.9	25.4	2004
74.3564	50.49	45800	1028	27.9	25.6	2005
67.6293	62.64	50700	1110	27.4	25.5	2006
62.485	69.30	63200	1197	27.3	25.5	2007
53.2835	94.86	76981	1378	26.8	25.4	2008
52.7575	62.38	89300	1345	25.9	25.3	2009
45.2256	78.01	96335	1569	25.9	25.3	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

BP Statistical Review of World Energy, 2008-2011; OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

يبين الجدول (9) أن أعمال الاستكشاف والتنقيب بقيت في تزايد ضمن هذه المدة، إذ ازدادت الاحتياطيات الهيدروكربونية من نفط خام وغاز طبيعي بشكل تدريجي كنتيجة لهذه الأعمال، وبلغت أقصاها في عام 2005. بعد ذلك

تراجعت هذه الاحتياطيات بشكل طفيف منذ عام 2006، لكن مع ذلك استمر حجم الإنتاج من النفط الخام والغاز الطبيعي بالتزايد منذ عام 2001 حتى عام 2010، كنتيجة لتطور احتياطيات الدولة منهما، لكن مع ذلك تبقى قطر بحاجة إلى مزيد من عمليات الاستكشاف والتنقيب لتطوير حجم احتياطياتها الهيدروكربونية لتعويض حجم إنتاجها المتزايد من النفط والغاز.

دولة الكويت

أجرت دولة الكويت منذ بداية عام 1996 مسوحات ثنائية وثلاثية الأبعاد على عدد من حقولها المنتجة، إذ ساعدت تلك المسوحات على تحديد نظام الفوالق في طبقة الكريتاسي في حقل صابرية، وأظهرت المسوحات الثنائية الأبعاد وجود مستويين لالتقاء النفط والماء مفصولين عن بعضهما بفالق. وأظهرت النتائج تغيرات في المسامية، وفي مستوى التقاء الماء مع النفط، كما كشفت تلك المسوحات عن خصائص المكمن المختلفة وإدارته بصورة أفضل، ومن خلال استخدامها لتقنية الحفر الموجه لإعادة حفر الآبار العمودية لغرض زيادة إنتاجيتها من النفط فقد أدى ذلك إلى مضاعفة إنتاجية البئر العمودية بين 4–6 مرات في حقول النفط الكويتية. وأظهرت المسوحات الثنائية الأبعاد وجود مستويين لالتقاء النفط والماء مفصولين عن بعضهما بفالق. كما أظهرت النتائج تغيرات في المسامية وفي مستوى التقاء الماء مع النفط وكشفت تلك المسوحات كذلك عن خصائص المكمن المختلفة وإدارته بصورة أفضل.

قامت دولة الكويت بإجراء العديد من المسوحات الزلزالية لاستكشاف احتياطيات جديدة من الموارد الهيدروكربونية، فقد ازداد عدد الفرق العاملة في هذا الميدان خلال الأعوام (1995–1998) ووصلت إلى أقصاها في عام 1998، إذ وصل عدد الفرق العاملة آنذاك إلى23 فرقة في الشهر بعد أن كان 6 فرق/ شهر في عام 1995، واستمرت الزيادة بعد ذلك في أعداد هذه الفرق. تبع ذلك زيادة متأرجحة في عدد الآبار الاستكشافية والتطويرية المحفورة خلال المدة 1995–2000 التي بلغ مجموعها الكلي نحو 391 بئراً. إن ما نتج عن ذلك هو زيادة بسيطة في حجم الاحتياطيات من الغاز مقابل استمرار تعويض الحجم المنتج من النفط الخام. ونشطت عمليات الاستكشاف النفطي في دولة الكويت التي أكدت وجود مكامن نفطية جديدة في حقول عدة من مثل الروضتين والرتقة وبحرة وظبي، وقد تم حفر 13 بئراً في إطار تنفيذ المشروع التقييمي الأول الخاص بإنتاج النفط الثقيل، كما أكدت عمليات الاستكشاف وجود كميات تجارية من الغاز والمتكثفات والنفط الثقيل في حقول بحرة والروضتين وأم نقا والصابرية وظبي.[60]

عمل القطاع النفطي الكويتي على تكثيف جهود الاستكشاف والإنتاج من النفط الخام والغاز الطبيعي، إذ ركزت جهوده المتمثلة بشركة نفط الكويت ومجموعة العمليات المشتركة بالوفرة والشركة الكويتية لنفط الخليج في العمليات والأنشطة الاستكشافية والمسوحات فيما يخص المكامن النفطية خلال المدة 2000–2009 باستخدام أحدث الوسائل العلمية والتكنولوجية الحديثة. قامت الشركة الكويتية لنفط الخليج وشريكتها شركة شيفرون في

عام 2008 بتأسيس برنامج الاستكشاف المشترك في إطار خطة الشركة للاستكشاف الأمثل في حقل الوفرة في المنطقة المقسومة ما بين الكويت والمملكة العربية السعودية، ومن خلال هذا البرنامج بدأت مشاريع استكشافية عدة منها:[61]

1. تكوين فريق عمل لدراسة الأنشطة الاستكشافية وتخطيطها.
2. المسح الجوي المغناطيسي والجاذبية.
3. المسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد لكامل المنطقة البرية المقسومة.
4. التخطيط لحفر الآبار الاستكشافية.
5. التخطيط لحفر آبار استكشافية عميقة لاستكشاف النفط والغاز في الطبقات العميقة.

الجدول (10)

الآبار المنجزة والآبار المنتجة في دولة الكويت للفترة 1985-2010

الأعوام	آبار النفط	آبار الغاز	آبار جافة	آبار أخرى	الآبار المنجزة الكلية	آبار التدفق الطبيعي	آبار التدفق الصناعي	الآبار المنتجة
1985	10	0	2	0	12	353	18	371
1986	18	0	0	0	18	380	20	400
1987	19	0	0	0	19	490	0	490
1988	13	0	0	0	13	490	0	490
1989	10	0	1	2	13	343	22	365
1990	0	0	0	0	7	20	0	20
1991	20	0	0	0	20	295	0	295
1992	82	0	0	0	82	350	0	350
1993	غ م	غ م	غ م	غ م	55	710	0	710

1994	غ م	غ م	غ م	غ م	50	730	0	730
1995	41	0	0	4	45	785	0	785
1996	25	0	0	3	28	798	0	798
1997	29	0	0	16	45	788	0	788
1998	30	0	0	6	36	810	0	810
1999	99	0	0	0	99	730	0	730
2000	128	0	0	10	138	785	0	785
2001	93	0	0	7	100	805	0	805
2002	66	0	0	25	91	800	0	800
2003	94	0	0	15	109	821	0	821
2004	64	غ م	1	8	73	975	0	975
2005	59	غ م	2	6	67	1020	10	1030
2006	60	غ م	1	12	73	1040	15	1055
2007	60	غ م	1	12	73	1043	60	1103
2008	60	غ م	1	12	73	1046	240	1286
2009	68	غ م	1	14	83	926	72	998
2010	غ م	غ م	غ م	غ م	185	غ م	غ م	1308

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

تظهر بيانات الجدول (10) استمرار إضافة الاستكشافات الجديدة لآبار منجزة جديدة وصلت إلى أقصاها في عام 2010 وبنحو 185 بئراً متوزعة بين آبار للنفط الخام وأخرى للغاز الطبيعي. أما أقصى عدد بلغته الآبار المنتجة خلال المدة 1985-2010 كان في عام 2010 وبنحو 1308 آبار، كذلك توضح بيانات هذا الجدول أن أغلب الآبار المنتجة في دولة الكويت تنتج بتدفق طبيعي وبنسبة بلغت 100 في المائة ولسنوات عدة.

الجدول (11)

احتياطيات النفط والغاز في دولة الكويت للفترة 1980-2010

الأعوام	احتياطي الغاز تريليون متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز مليون متر مكعب قياسي	سعر الخام الكويتي بالدولار	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1980	1.1	67.9	1757	4071	27.14	105.88
1981	1.0	67.7	1187	4684	31.01	156.26
1982	1.0	67.2	862	3675	30.38	213.58
1983	1.0	67.0	1117	4035	27.04	164.33
1984	1.0	92.7	1229	4376	26.7	206.65
1985	1.0	92.5	1127	4200	25.51	224.87
1986	1.2	94.5	1210	5730	13.11	213.97
1987	1.2	94.5	1072	4780	16.48	241.52
1988	1.4	94.5	1286	6840	12.61	201.33
1989	1.4	97.1	1408	8160	15.23	188.94
1990	1.5	97.0	964	4190	15.06	....
1991	1.5	96.5	185	500	غ م	....
1992	1.5	96.5	1077	2620	16.85	245.48
1993	1.5	96.5	1945	5420	14.07	135.93
1994	1.5	96.5	2085	5970	14.11	126.80
1995	1.5	96.5	2130	9278	15.9	124.12
1996	1.5	96.5	2129	9302	18.41	124.18
1997	1.5	96.5	2137	9270	17.81	123.72
1998	1.5	96.5	2232	9491	11.26	118.45
1999	1.5	96.5	2085	8688	16.75	126.80
2000	1.6	96.5	2206	9600	25.78	119.85
2001	1.6	96.5	2148	9500	21.37	123.08
2002	1.6	96.5	1995	8710	23.61	132.52
2003	1.6	99.0	2329	10000	26.89	116.46
2004	1.6	101.5	2475	10900	34.08	112.36
2005	1.6	101.5	2618	12200	48.66	106.22
2006	1.8	101.5	2690	12410	58.88	103.38

105.49	66.35	12060	2636	101.5	1.8	2007
99.89	91.16	12700	2784	101.5	1.8	2008
111.72	60.68	11489	2489	101.5	1.8	2009
110.88	76.32	11900	2508	101.5	1.8	2010

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على البيانات المنشورة ضمن:

BP Statistical Review of World Energy, 2008-2011; OPEC Annual Statistical Bulletin, 1999-2010.

ملاحظة: الإشارة (....) تعني تأثر الصناعة النفطية بظروف الحرب والأعمال العسكرية.

يبين الجدول (11) استمرار الزيادة في أعمال الاستكشاف والتنقيب ضمن هذه المدة، لكن الاحتياطيات النفطية بقيت ثابتة منذ عام 2004 مقابل زيادة معتدلة في احتياطيات الغاز الطبيعي منذ عام 1989 حتى عام 2010. وعلى الرغم من التحسن الكبير في أسعار النفط العالمية خلال عام 2007 والنصف الأول من عام 2008 وما ترتب عليه من زيادة في أعمال الاستكشاف والتنقيب، إلا أن الاحتياطي الهيدروكربوني من النفط الخام والغاز الطبيعي بقي ثابتاً في هذين العامين واستمر الحال على هو عليه في العامين اللاحقين.

مملكة البحرين

شهد إنتاج مملكة البحرين من النفط انخفاضاً مستمراً منذ السبعينيات من القرن الماضي، وبمعدل انخفاض سنوي قدره 5 في المائة؛ فبعد أن كان الإنتاج 76000 برميل في اليوم في عام 1970، فقد أخذ الإنتاج بالتناقص حتى وصل إلى 42000 برميل في اليوم في عام 1983 وظل الإنتاج ثابتاً بهذا المعدل حتى عام 1991 وتمتلك البحرين احتياطياً نفطياً متواضعاً.[62]

ازداد النشاط الاستكشافي في مملكة البحرين في عام 1997 من خلال إجراء المسح الزلزالي، فقد ازداد هذا النشاط ووصل إلى 8 فرق / شهر في هذا العام بعد أن كان فرقة واحدة في الشهر في عام 1995، وفي العام اللاحق 1996 لم تشهد البحرين أية نشاطات استكشافية. لقد تم حفر 55 بئراً من الآبار الاستكشافية والتطويرية خلال المدة 1995-1997 متوزعة ما بين نفط وغاز، لكن لم تتم إضافة أي من آبار النفط والغاز المنتجة في هذه السنوات.

انخفضت جهود النشاط الاستكشافي الخاصة بالمسح الزلزالي في البحرين بعد ذلك في عام 1998، فقد انخفض عدد الفرق العاملة في هذا العام ووصلت إلى 4 فرق / شهر، واستمر الانخفاض في العام اللاحق ليصل إلى3 فرق/ شهر، ثم واصل الانخفاض مسيره في عدد الفرق الاستكشافية إلى فرقتين/ شهر في عام 2000. رافق ذلك حفر عدد من الآبار الاستكشافية والتطويرية خلال كل عام موزعة ما بين نفط وغاز، إذ بلغ مجموع الآبار الإجمالي 45 بئراً خلال المدة 1998-2000، لكن لم تتم إضافة أي من الآبار النفطية والغازية واستمرت الحال على ما هي عليه من دون إضافة أية بئر إنتاجية حتى عام 2008.

الجدول (12)

احتياطيات النفط والغاز في مملكة البحرين للفترة 1995-2009

الأعوام	احتياطي الغاز مليار متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	إنتاج الغاز مليون متر مكعب	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1995	139	0.20	146.0	10.4	3.75305
1996	132	0.20	157.0	10.2	3.49010
1997	142	0.20	163.0	10.6	3.36163
1998	118	0.20	183.0	11.1	2.99424
1999	110	0.20	176.0	11.8	3.11333
2000	110	0.20	181.0	11.7	3.02732
2001	92	0.10	234.0	12.0	1.17082
2002	92	0.10	186.0	12.0	1.47297
2003	92	0.10	188.6	9.6	1.45266
2004	92	0.10	209.1	9.4	1.31025
2005	93	0.10	186.6	10.7	1.46823
2006	92	0.10	261.0	11.1	1.04970
2007	92	0.10	261.5	11.5	1.04770
2008	91	0.12	182.2	12.6	1.80443
2009	92	0.10	182.4	12.5	1.50204

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على النشريات الإحصائية لمنظمة الدول العربية المصدرة للنفط "أوابك" (2000-2011).

يبين الجدول (12) أن التقنيات الحديثة التي استخدمتها البحرين في الاستكشافات من إجراءات المسح الزلزالي لم تفلح في إضافة أية بئر منتجة من النفط والغاز إلا أن تقنيات الاستخلاص المدعم التي استخدمتها البحرين ساعدت بتعويض المنتج من النفط والغاز خلال المدة 2002-2007. إن إنتاج البحرين من النفط بقي متذبذباً ما بين ارتفاع وانخفاض طوال المدة 1995-

2009، ونظراً إلى الطاقة التكريرية لمصفاة البحرين التي تبلغ 250000 برميل في اليوم فإن مجمل إنتاج البحرين يتم تكريره بالمصفاة، بينما يستورد الباقي من المملكة العربية السعودية عبر خط أنابيب تحت البحر. إن الزيادة في إنتاج البحرين من الغاز بقيت متذبذبة خلال الأعوام (1995-2002) ثم استمرت الزيادة بالإنتاج في الأعوام اللاحقة وتحديداً منذ عام 2004 حتى عام 2008، ويتم استهلاك أغلب الكمية المنتجة من الغاز في مختلف الأغراض الصناعية كتوليد الكهرباء وصناعات التكرير ومصانع صهر الألمنيوم.[63]

سلطنة عمان

اكتشف النفط الخام لأول مرة في سلطنة عمان من خلال عملية الحفر في بئر مرمول1 في عام 1956، إلا أن ذلك الاكتشاف لم يكن اكتشافاً تجارياً بسبب تدني أسعار النفط، فضلاً عن أن نوعية النفط المكتشف كانت ذات كثافة عالية، فيما تم الاكتشاف التجاري للنفط في السلطنة في حقل جبال في عام 1962، وتوالت اكتشافات النفط في حقل فهود وناطح وغيرها من الحقول في شمال ووسط السلطنة؛ إذ أنشأت مرافق الإنتاج ومدت أنابيب نقل النفط الخام إلى ميناء الفحل في مسقط ، ولقد بدأ تصدير أول شحنة من النفط الخام في عام 1967. تم اكتشاف الغاز الطبيعي في السلطنة في حقل جبال نتيه في عام 1978، وتبع ذلك اكتشافات كبيرة في سيح نهيده في عام 1989 وسيح رول وبارك في عام 1991، مما كان له الأثر الإيجابي في تلبية الطلب المحلي على الغاز الطبيعي. وبلغ معدل الإنتاج اليومي من النفط الخام في سلطنة عمان في عام 1990 حجماً قدره 685300 برميل يومياً، بينما

بلغ حجم الاحتياطي النفطي المتبقي القابل للاستخراج نحو 4.7 مليار برميل.[64]

تمتلك سلطنة عمان احتياطيات هيدروكربونية متواضعة من النفط والغاز؛ فهي تسعى ضمن سياستها في إدارة مواردها الهيدروكربونية إلى استخدام التقنيات الحديثة لتطوير احتياطياتها من النفط والغاز، وتسعى إلى زيادة الاحتياطي بما يعادل أو يزيد على الكميات التي يتم إنتاجها سنوياً؛ وذلك من خلال تطبيق التقنيات الحديثة وتشجيع استخدامها لتطوير كافة مجالات قطاع النفط من أجل المحافظة على معدل النضوب السنوي للاحتياطي. وينطبق الأمر نفسه بالنسبة إلى الغاز الطبيعي، فهي تسعى إلى تحقيق اكتشافات جديدة منه عن طريق التنقيب والاستكشاف وتأكيد الاحتياطي المتوقع، كما أنها تسعى إلى زيادة القيمة المضافة للغاز الطبيعي، فضلاً عن تطوير وتوسيع شبكة توزيع الغاز لتلبية النمو المتزايد في الطلب المحلي على الغاز.[65]

سعت سلطنة عمان إلى استكشاف المزيد من الاحتياطيات الهيدروكربونية وذلك من خلال زيادة جهود النشاط الاستكشافي الخاصة بالمسح الزلزالي، إذ ارتفعت احتياطياتها من 4.7 مليار برميل في عام 1990 إلى 5.2 مليار في عام 1995 الذي وصل فيه عدد الفرق العاملة في الاستكشاف إلى 77 فرقة في الشهر، ثم انخفض عدد الفرق إلى 66 فرقة في الشهر ثم إلى 59 فرقة في الشهر في العامين اللاحقين، ليرتفع بعد ذلك عدد الفرق العاملة في العامين اللاحقين ويصل إلى 72 فرقة في الشهر في عام 1998 واستمر الارتفاع في العام اللاحق (1999) ليصل

إلى77 فرقة في الشهر. إن ما ترتب على ذلك هو زيادة الاحتياطي بما يعادل أو يزيد على الكميات التي تم إنتاجها سابقاً؛ فقد بلغ حجم الاحتياطي في هذا العام 5.4 مليار برميل. وهكذا استمرت الزيادة بالإضافات إلى حجم الاحتياطيات المؤكدة إلى أقصاها في عام 2001 إلى 5.9 مليار برميل، وبسبب صعوبات في اكتشاف احتياطيات جديدة فقد عمدت السلطنة إلى تخفيض حجم إنتاجها من النفط في الأعوام اللاحقة، وهو ما يوضحه الجدول (13).

الجدول (13)

احتياطيات النفط والغاز في سلطنة عمان للفترة 1995-2009

الأعوام	إنتاج الغاز مليون متر مكعب	احتياطي الغاز مليار متر مكعب	احتياطي النفط مليار برميل	إنتاج النفط ألف برميل باليوم	المدة المتبقية للنضوب (سنوات)
1995	6.9	782	5.2	852	16.7213
1996	7.2	769	5.2	885	16.0978
1997	10.2	793	5.3	904	16.0626
1998	10.4	815	5.5	899	16.7614
1999	11.6	805	5.4	904	16.3656
2000	11.6	858	5.6	928	16.5328
2001	21.9	859	5.9	956	16.9084
2002	21.9	859	5.9	897	18.0205
2003	16.5	849	5.6	820	18.7103
2004	17.2	849	4.8	780	16.8599
2005	19.8	830	5.0	775	17.6757
2006	19.7	914	5.7	738	21.1605
2007	25.2	950	5.7	710	21.9950
2008	25.2	950	5.5	748	20.1450
2009	24.5	950	5.5	708	21.2832

المصدر: الجدول من إعداد الباحث بالاعتماد على النشريات الإحصائية لمنظمة الدول العربية المصدرة للنفط "أوابك" (2000-2011).

النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج

1. إن النفط والغاز الطبيعي كأية مواد ناضبة أخرى يعدان من المصادر الطبيعية الناضبة؛ فالاحتياطيات العالمية المثبتة منهما في تناقص مستمر نتيجة للإنتاج اللازم والضروري لمقابلة الطلب العالمي المتزايد عليهما. لكن هذا الاحتياطي قابل أيضاً للزيادة تبعاً لتطور طرائق الاستكشاف والتنقيب وإدارة الحقول؛ إذ إن الكثير من التنبؤات المتشائمة كانت تعطي مدة خمسين عاماً لنضوب النفط في بلدان عربية معينة مثل السعودية، لكن على العكس من ذلك فقد ارتفع حجم الاحتياطيات المثبتة من النفط والغاز الطبيعي في هذه الدول نتيجة لإدخال التقنيات الحديثة في مجال الاستكشاف والتنقيب عنهما.

2. اتفق العديد من الخبراء في الصناعة النفطية على أن التطورات التقنية التي أدخلت على هذه الصناعة في مجال الاستكشاف، كانت العامل الأساس في زيادة حجم الاحتياطيات الهيدروكربونية المكتشفة والمثبتة عالمياً، كما أثبتت هذه التطورات بصورة واضحة تقليل كلفة عمليات الاستكشاف والتنقيب. أما في المنطقة العربية، وبعد دخول عدد كبير من التقنيات الحديثة، فإن ذلك ساعد على تحسين الأداء ورفع الكفاءة في عمليات استكشاف النفط والغاز الطبيعي. فقد أحدثت هذه التطورات زيادات ملحوظة في كل من حجم احتياطيات النفط والغاز الطبيعي المثبت في الدول العربية المنتجة لهما.

3. لا تستطيع جميع الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية أن تحدد وبدقة مواقع تجمعات النفط والغاز مهما كانت شمولية تلك الدراسات؛ إذ لابد من الحفر فهو العامل الحاسم في استكشاف النفط والغاز الطبيعي.

4. إن العديد من دول الخليج العربية تمتلك احتياطيات نفطية ضخمة تكفيها لمدة أكثر من مائة عام قادمة في حال بقاء إنتاجها حسب معدلات عام 2010 على ما هو عليه، ومن دون أية إضافات جديدة إلى احتياطياتها النفطية. وهذه المدة تزداد أو تنقص تبعاً لحجم الإنتاج والإضافة إلى الاحتياطي المتوافر.

ثانياً: التوصيات

1. إن الكثير من التنبؤات المتشائمة حول نضوب النفط والغاز الطبيعي في العديد من دول منطقة الخليج العربي قد تلاشت، وذلك بفعل إدخال التقنيات الحديثة في مجال الاستكشاف والتنقيب عن النفط والغاز، لذلك فإن استمرار إدخال كل ما هو حديث من تقنيات، وتطوير القائم منها، سيعزز استمرار إضافة احتياطيات هيدروكربونية مؤكدة، ويحسن معامل الاستخلاص النفطي لديها، وبخاصة تلك الدول التي لم تطور احتياطياتها أو التي لم تستطع أن تعوض ما أنتجته.

2. يمتلك عدد من دول منطقة الخليج العربي احتياطيات نفطية ضخمة تمكنها من إنتاج النفط وتصديره لمدة طويلة قادمة، لذلك يستدعي الأمر

ألا يرتفع مستوى الأسعار العالمية للنفط إلى المدى الذي يسمح بتطوير تقنيات المصادر البديلة للنفط.

3. ضرورة تعاون الدول العربية فيما بينها من خلال تبادل الخبرات وإقامة شراكات في مجال الاستكشاف والتنقيب والحفر المرافق للاستكشاف، لاسيما أن هناك دولاً عربية امتلكت خبرات متقدمة في هذا المجال تضاهي تلك التي تمتلكها الشركات الغربية، كما هو الحال مع تقنية الآبار النفطية الذكية الشديدة التفرع التي تمثل إحدى تقنيات المستقبل التي طورتها المملكة العربية السعودية، وما أدخله مركز "إكسبك" السعودي في عام 2006 من مفهوم الروبوتات المتناهية الصغر التي تعتمد على تقنية النانو الخاصة بالمكامن.

الهوامش

1. أحمد نور الدين، تصنيف الزيوت الخام (الكويت: أوابك، 1976)، ص90-91.

2. صدقي أحمد بوحسين، «تقنيات الإنتاج النفطي الحديثة ساهمت برفع الاحتياطي السعودي»، انظر:

http://www.alriyadh.com/2009/02/03/article406903.html

3. أحمد حسين علي الهيتي، مقدمة في اقتصاد النفط (الموصل: دار الكتب للطباعة والنشر، 1994)، ص48-50.

4. انظر:

Helmut J. Frank and John J. Schanz, "The Future of American Oil and Natural Gas," *Annals of the American Academy of Political and Social Science* (November 1973): 24.

5. انظر:

J. B. Woodworth, "The New Geological Map of Pennsylvania," *Science* vol. 23, no. 580 (March 16, 1894):143.

6. محمد أزهر سعيد السماك وآخرون، جغرافية النفط والطاقة (الموصل: مطبعة جامعة الموصل، 1981)، ص77.

7. انظر:

Paul L. Eckbo, Henry D. Jacoby and James L. Smith, *The Bell Journal of Economics* vol. 9, no. 1 (Spring 1978): 220-221.

8. روبرت يونكمان، «اقتصادات استكشاف البترول وإنتاجه من تكويناته العميقة»، النفط والتعاون العربي، المجلد 15، العدد 59 (الكويت: 1990)، ص35.

9. انظر:

Rafael Sandrea, "Early New Field Production Estimation Could Assist in Quantifying Supply Trends," 2006, at: http://www.its.com.ve/publi

cations/Early_New_Field_Production_Estimation_Could_Assist_in_Quantifying _Supply_Trends.pdf

10. عمار محمد سلو أحمد، السياسة الإنتاجية والسعرية للمملكة العربية السعودية في مجال النفط الخام، جامعة الموصل،كلية الإدارة والاقتصاد ، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، 2006، ص135.

11. انظر:

Stephen Polasky, "Exploration and Extraction in a Duopoly-Exhaustible Resource Market," *The Canadian Journal of Economics* vol. 29, no. 2 (May 1996): 473.

12. انظر:

L. Benkherouf and J. A. Bather, "Oil Exploration: Sequential Decisions in the Face of Uncertainty,' *Journal of Applied Probability* vol. 25, no. 3 (September 1988): 529.

13. مهند الكاطع، «البترول علمياً وجيولوجياً وكيميائياً، طرق وأساليب الكشف عن البترول»، انظر:

http://www.eng-club.com/forum/download/file.php?id=1703PDF

14. .http://geologyksa.com/vb/showthread.php?p=911

15. .http://www.libyanew.com/t28806.html

16. انظر:

Lidia Lonergan and Nicky White, "Three-Dimensional Seismic Imaging of a Dynamic Earth," *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* vol. 357, no. 1763 (1999): 3359.

17. انظر:

A. Melvin and J.F. Clarke, "The Free Shock Wave as a Seismic Source," *Mathematical and Physical Sciences* vol. 450, no. 1939 (August 1995): 351.

18. محمود سيد أمين، «الكشف عن البترول وحفر آباره»، دراسات مختارة في الصناعة النفطية (الكويت: أوابك، 1979)، ص 90.

19. Lidia Lonergan and Nicky White, op. cit., 3359.

20. انظر:

John W. Weymouth, "Geophysical Methods of Archaeological Site Surveying," *Advances in Archaeological Method and Theory* vol. 9 (1986): 315.

21. شركة أرامكو السعودية، «التنقيب»، «التقنية»، «المسح الزلزالي متعدد العناصر»، انظر: http://www.saudiaramco.com

22. شركة أرامكو السعودية، «التنقيب»، «الممارسة»، «البيانات الزلزالية»، المرجع السابق.

23. زياد حسن أبو هين، طرق وأساليب الكشف عن البترول، مقدمة في الجيوفيزياء البيئية (غزة: قسم البيئة وعلوم الأرض، الجامعة الإسلامية، 2007)، ص6.

24. «طرق وأساليب الكشف عن البترول»، انظر:

http://www.rasgharib.net/oiltech/oilproc2.php

25. شركة أرامكو السعودية، «التنقيب»، «أحدث التطورات»، «المسح الجوي المغناطيسي»، مرجع سابق.

26. انظر:

"GOPA Consultants, European Technologies for Oil and Gas Exploration in Remote and Poorly Accessible," ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/opet/docs/gopa.pdf

27. Ibid.

28. انظر:

C. Paul Christensen, "Some Emerging Applications of Lasers," *Science* vol. 218, no. 4568 (October 8, 1982): 119-120.

29. GOPA Consultants, op.cit.

30. انظر:

Leo Horvitz, "Geochemical Exploration for Petroleum," *Science* vol. 229, no. 4716 (August 30, 1985): 821.

31. «طرق وأساليب الكشف عن البترول»، مرجع سابق.

32. فجحان هلال المطيري، «الآبار والحقول الذكية مستقبل تطوير حقول النفط والغاز»، 2009، انظر:

http://www.moo.gov.kw/magazine/ar/index.asp?More=yes&NewsID=741&mode=0&day=32&page=4

33. محمد السقاف، «نطور النانو لجعل آبار النفط ذكية»، 2008، انظر:

http://www.arabstockinfo.com/content/view/331/37

34. شركة أرامكو السعودية، «التنقيب»، انظر:

www.saudiaramco.com/irj/go/km/docs/SaudiAramcoPublic/AnnualReview/2008/ExplorationA.pdf

35. انظر:

Energy Information Administration, "Drilling Sideways," *A Review of Horizontal Well Technology and Its Domestic Application* (April 1993): 7-8.

36. رزق الله موسى وجانتي بارسيك، «تجربة الحفر الأفقي في حقول الشركة السورية للنفط»، النفط والتعاون العربي، المجلد 24، العدد 84 (الكويت: 1998)، ص9-15.

37. انظر:

Thomas C. Chidsey jr. and Thomas C. Morgan, "Major Oil Plays in Utah," *Technical Progress Report* (September 2005): 16.

38. انظر:

Mohammed M. Amro, "International Conference on Water Resources and Arid Environment, Treatment Techniques of Oil-Contaminated,"

King Saud University (2004), 8. at: http://faculty.ksu.edu.sa/6887/Interesting%20papers/Treatment%20Techniques%20of%20Oil-Contaminated.pdf

39. أيغل بيرجساغر، «الاستخلاص البترولي المحسن»، النفط والتعاون العربي، المجلد 22، العدد 76 (الكويت: 1996)، ص91-92.

40. موسى إسماعيل مصطفى، «أضواء على الحفر الأفقي للآبار الإنتاجية»، النفط والتعاون العربي، المجلد 15، العدد 56 (الكويت: 1989)، ص73-75.

41. تركي حسن حمش، «ملامح تطور تقنيات حفر آبار البترول»، النفط والتعاون العربي، المجلد 34، العدد 126 (الكويت: 2008)، ص48.

42. «تقنية الحفر تحت التوازن»، انظر:

http://www.akafi.net/showthread.php?t=103222

43. تركي حسن حمش، مرجع سابق، ص54.

44. انظر:

Kenneth P. Malloy, "Taking another look at the risk profile for air drilling in presence of hydrocarbons," 2007, at: http://www.Drillingcontractor.org /dcpi/dc- marapr07/DC_Mar07_malloy.pdf

45. انظر:

Zhiyue Xu et al., "Laser Spallation of Rocks for Oil Well Drilling," 2004, at: http://www.ne.anl.gov/facilities/lal/Publications/Laser%20well%20drilling/spallation.pdf

46. انظر:

"Application of High Powered Lasers to Drilling and Completing Deep Wells," http://www.netl.doe.gov/kmd/cds/disk11/pdfs/FWP-49066.pdf

47. انظر:

Richard A. Parker, "Subsurface Laser Drilling Applications," http://www.federationofscientists.org/PMPanels/Pollution/ Drilling.pdf.

48. انظر:

E. Jerby et al., “The Microwave Drill,” *Science* vol. 298, no. 5593 (October 18, 2002): 587-589.

49. محمود سيد أمين، مرجع سابق، ص85.

50. جان فرانسوا جيانسيني، «خفض التكاليف في نشاطات الاستكشاف والإنتاج»، **النفط والتعاون العربي**، المجلد 24، العدد 87 (الكويت: 1998)، ص24-28.

51. **تقرير الأمين العام السنوي التاسع والعشرون، أوابك** (الكويت:2002)، ص68.

52. **الورقة القطرية لدولة الإمارات العربية المتحدة، مؤتمر الطاقة العربي التاسع** (الدوحة: 2010)، ص45.

53. **التقرير الاقتصادي العربي الموحد، جامعة الدول العربية** (القاهرة: 2009)، ص77-78.

54. **الورقة القطرية للمملكة العربية السعودية، مؤتمر الطاقة العربي الثامن** (عمان: 2006)، ص39-41.

55. **الورقة القطرية للمملكة العربية السعودية، مؤتمر الطاقة العربي التاسع** (الدوحة: 2010)، ص24-25.

56. **الورقة القطرية لجمهورية العراق، مؤتمر الطاقة العربي التاسع** (الدوحة: 2010)، ص17-18.

57. **الورقة القطرية لجمهورية العراق، مؤتمر الطاقة العربي الثامن** (عمان: 2006)، ص9-20.

58. **الورقة القطرية لدولة قطر، مؤتمر الطاقة العربي التاسع** (الدوحة: 2010)، ص4-5.

59. **اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا، ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءتها في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة في دول مختارة أعضاء في الأسكوا** (نيو يورك: الأمم المتحدة، 2007)،ص22.

60. تقرير الأمين العام السنوي الخامس والثلاثون، أوابك (الكويت: 2008)، ص75.

61. الورقة القطرية لدولة الكويت، مؤتمر الطاقة العربي التاسع (الدوحة: 2010)، ص3-33.

62. الورقة القطرية لدولة البحرين، وقائع مؤتمر الطاقة العربي الخامس، الجزء الأول (القاهرة: 1994)، ص137.

63. عمار محمد سلو أحمد، محددات الطلب على الطاقة في دول الخليج العربية مع إشارة خاصة إلى العراق للفترة 1970-1995، جامعة الموصل، كلية الإدارة والاقتصاد، رسالة ماجستير (غير منشورة)، 1997، ص94.

64. الورقة القطرية لسلطنة عمان، وقائع مؤتمر الطاقة العربي الخامس ، الجزء الثاني (القاهرة، 1994)، ص111.

65. الورقة القطرية لسلطنة عمان ، مؤتمر الطاقة العربي التاسع (الدوحة: 2010)، ص1-29.

نبذة عن المؤلف

عمار محمد سلو العبادي: حاصل على شهادة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية من جامعة الموصل في العراق عام 2006.

يعمل حالياً مدرساً لمادتي السياسة النفطية والقياس الاقتصادي في كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة دهوك في العراق منذ عام 2008، وكان قد عمل في المعهد العالي لإعداد المعلمين في ليبيا خلال الفترة 1998-1999.

نشر له العديد من البحوث الاقتصادية ، منها: «محددات الطلب على مصادر الوقود في العراق للمدة 1970-1995»، **بحوث مستقبلية**، العدد 20 (تشرين الأول/ أكتوبر 2007)؛ و«نمذجة أدوار المملكة العربية السعودية في السوق النفطية في إطار أوبك»، **مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية**، العدد 9، (2008)؛ و«أسعار الفائدة وفكرة النضوب وتوجهات أسعار النفط الخام»، **مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية**، العدد 15 (2009)؛ و**محددات السياسة النفطية الإنتاجية والسعرية للمملكة العربية السعودية**، العدد 164 سلسلة دراسات استراتيجية (أبوظبي: مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2011).

صدر من سلسلة دراسات استراتيجية

العدد	المؤلف	العنوان
1.	جيمس لي ري	الحروب في العالم: الاتجاهات العالمية ومستقبل الشرق الأوسط
2.	ديفيد جارنم	مستلزمات الردع: مفاتيح التحكم بسلوك الخصم
3.	هيثم الكيلاني	التسوية السلمية للصراع العربي - الإسرائيلي وتأثيرها في الأمن العربي
4.	هوشانج أمير أحمدي	النفط في مطلع القرن الحادي والعشرين: تفاعل بين قوى السوق والسياسة
5.	حيدر بدوي صادق	مستقبل الدبلوماسية في ظل الواقع الإعلامي والاتصالي الحديث: البعد العربي
6.	هيثم الكيلاني	تركيا والعرب: دراسة في العلاقات العربية التركية
7.	سمير الزبن ونبيل السهلي	القدس معضلة السلام
8.	أحمد حسين الرفاعي	أثر السوق الأوربية الموحدة على القطاع المصرفي الأوربي والمصارف العربية
9.	سامي الخزندار	المسلمون والأوربيون: نحو أسلوب أفضل للتعايش
10.	عوني عبدالرحمن السبعاوي	إسرائيل ومشاريع المياه التركية: مستقبل الجوار المائي العربي
11.	نبيل السهلي	تطور الاقتصاد الإسرائيلي 1948 - 1996
12.	عبدالفتاح الرشدان	العرب والجماعة الأوربية في عالم متغير

13.	ماجد كيَّالي	المشروع «الشرق أوسطي»: أبعاده - مرتكزاته - تناقضاته
14.	حسين عبدالله	النفط العربي خلال المستقبل المنظور: معالم محورية على الطريق
15.	مفيد الزيدي	بدايات النهضة الثقافية في منطقة الخليج العربي في النصف الأول من القرن العشرين
16.	عبدالمنعم السيد علي	دور الجهاز المصرفي والبنك المركزي في تنمية الأسواق المالية في الدول العربية
17.	ممدوح محمود مصطفى	مفهوم «النظام الدولي» بين العلمية والنمطية
18.	محمد مطر	الالتزام بمعايير المحاسبة والتدقيق الدولية كشرط لانضمام الدول إلى منظمة التجارة العالمية
19.	أمين محمود عطايا	الاستراتيجية العسكرية الإسرائيلية
20.	سالم توفيق النجفي	الأمن الغذائي العربي: المتضمنات الاقتصادية والتغيرات المحتملة (التركيز على الحبوب)
21.	إبراهيم سليمان المهنا	مشروعات التعاون الاقتصادي الإقليمية والدولية مجلس التعاون لدول الخليج العربية: خيارات وبدائل
22.	عماد قدورة	نحو أمن عربي للبحر الأحمر
23.	جلال عبدالله معوض	العلاقات الاقتصادية العربية - التركية
24.	عادل عوض وسامي عوض	البحث العلمي العربي وتحديات القرن القادم: برنامج مقترح للاتصال والربط بين الجامعات العربية ومؤسسات التنمية
25.	محمد عبدالقادر محمد	استراتيجية التفاوض السورية مع إسرائيل
26.	ظاهر محمد صكر الحسناوي	الرؤية الأمريكية للصراع المصري - البريطاني: من حريق القاهرة حتى قيام الثورة

27.	صالح محمود القاسم	الديمقراطية والحرب في الشرق الأوسط خلال الفترة 1945 – 1989
28.	فايز سارة	الجيش الإسرائيلي: الخلفية، الواقع، المستقبل
29.	عدنان محمد هياجنة	دبلوماسية الدول العظمى في ظل النظام الدولي تجاه العالم العربي
30.	جلال الدين عزالدين علي	الصراع الداخلي في إسرائيل (دراسة استكشافية أولية)
31.	سعد ناجي جواد وعبدالسلام إبراهيم بغدادي	الأمن القومي العربي ودول الجوار الأفريقي
32.	هيل عجمي جميل	الاستثمار الأجنبي المباشر الخاص في الدول النامية: الحجم والاتجاه والمستقبل
33.	كمال محمد الأسطل	نحو صياغة نظرية لأمن دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية
34.	عصام فاهم العامري	خصائص ترسانة إسرائيل النووية وبناء «الشرق الأوسط الجديد»
35.	علي محمود العائدي	الإعلام العربي أمام التحديات المعاصرة
36.	مصطفى حسين المتوكل	محددات الطاقة الضريبية في الدول النامية مع دراسة للطاقة الضريبية في اليمن
37.	أحمد محمد الرشيدي	التسوية السلمية لمنازعات الحدود والمنازعات الإقليمية في العلاقات الدولية المعاصرة
38.	إبراهيم خالد عبدالكريم	الاستراتيجية الإسرائيلية إزاء شبه الجزيرة العربية
39.	جمال عبدالكريم الشلبي	التحول الديمقراطي وحرية الصحافة في الأردن
40.	أحمد سليم البرصان	إسرائيل والولايات المتحدة الأمريكية وحرب حزيران/ يونيو 1967

.41	حسن بكر أحمد	العلاقات العربية - التركية بين الحاضر والمستقبل
.42	عبدالقادر محمد فهمي	دور الصين في البنية الهيكلية للنظام الدولي
.43	عوني عبدالرحمن السبعاوي وعبدالجبار عبد مصطفى النعيمي	العلاقات الخليجية - التركية: معطيات الواقع، وآفاق المستقبل
.44	إبراهيم سليمان مهنا	التحضر وهيمنة المدن الرئيسية في الدول العربية: أبعاد وآثار على التنمية المستدامة
.45	محمد صالح العجيلي	دولة الإمارات العربية المتحدة: دراسة في الجغرافيا السياسية
.46	موسى السيد علي	القضية الكردية في العراق: من الاستنزاف إلى تهديد الجغرافيا السياسية
.47	سمير أحمد الزبن	النظام العربي: ماضيه، حاضره، مستقبله
.48	الصوفي ولد الشيباني ولد إبراهيم	التنمية وهجرة الأدمغة في العالم العربي
.49	باسيل يوسف باسيل	سيادة الدول في ضوء الحماية الدولية لحقوق الإنسان
.50	عبدالرزاق فريد المالكي	ظاهرة الطلاق في دولة الإمارات العربية المتحدة: أسبابه واتجاهاته - مخاطره وحلوله (دراسة ميدانية)
.51	شذا جمال خطيب	الأزمة المالية والنقدية في دول جنوب شرقي آسيا
.52	عبداللطيف محمود محمد	موقع التعليم لدى طرفي الصراع العربي - الإسرائيلي في مرحلة المواجهة المسلحة والحشد الأيديولوجي
.53	جورج شكري كتن	العلاقات الروسية - العربية في القرن العشرين وآفاقها
.54	علي أحمد فياض	مكانة حق العودة في الفكر السياسي الفلسطيني
.55	مصطفى عبدالواحد الولي	أمن إسرائيل: الجوهر والأبعاد
.56	خيرالدين نصر عبدالرحمن	آسيا مسرح حرب عالمية محتملة
.57	عبدالله يوسف سهر محمد	مؤسسات الاستشراق والسياسة الغربية تجاه العرب والمسلمين

.71	حمد علي السليطي	التعليم والتنمية البشرية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: دراسة تحليلية
.72	سرمد كوكب الجميل	المؤسسة المصرفية العربية: التحديات والخيارات في عصر العولمة
.73	أحمد سليم البرصان	عالم الجنوب: المفهوم وتحدياته
.74	محمد عبدالمعطي الجاويش	الرؤية الدولية لضبط انتشار أسلحة الدمار الشامل في الشرق الأوسط
.75	مازن خليل غرايبة	المجتمع المدني والتكامل: دراسة في التجربة العربية
.76	تركي راجي الحمود	التحديات التي تواجه المصارف الإسلامية في دولة قطر (دراسة ميدانية)
.77	أبوبكر سلطان أحمد	التحول إلى مجتمع معلوماتي: نظرة عامة
.78	سلمان قادم آدم فضل	حق تقرير المصير: طرح جديد لمبدأ قديم دراسة لحالات أريتريا - الصحراء الغربية - جنوب السودان
.79	ناظم عبدالواحد الجاسور	ألمانيا الموحدة في القرن الحادي والعشرين: صعود القمة والمحددات الإقليمية والدولية
.80	فيصل محمد خير الزراد	الرعاية الأسرية للمسنين في دولة الإمارات العربية المتحدة: دراسة نفسية اجتماعية ميدانية في إمارة أبوظبي
.81	جاسم يونس الحريري	دور القيادة الكاريزمية في صنع القرار الإسرائيلي: نموذج بن جوريون
.82	علي محمود الفكيكي	الجديد في علاقة الدولة بالصناعة في العالم العربي والتحديات المعاصرة

83.	عبدالمنعم السيد علي	العولمة من منظور اقتصادي وفرضية الاحتواء
84.	إبراهيم مصحب الدليمي	المخدرات والأمن القومي العربي (دراسة من منظار سوسيولوجي)
85.	سيار كوكب الجميل	المجال الحيوي للخليج العربي: دراسة جيواستراتيجية
86.	منار محمد الرشواني	سياسات التكيف الهيكلي والاستقرار السياسي في الأردن
87.	محمد علي داهش	اتجاهات العمل الوحدوي في المغرب العربي المعاصر
88.	محمد حسن محمد	الطاقة النووية وآفاقها السلمية في العالم العربي
89.	رضوان السيد	مسألة الحضارة والعلاقة بين الحضارات لدى المثقفين المسلمين في الأزمنة الحديثة
90.	هوشيار معروف	التنمية الصناعية في العالم العربي ومواجهة التحديات الدولية
91.	محمد الدعمي	الإسلام والعولمة: الاستجابة العربية - الإسلامية لمعطيات العولمة
92.	أحمد مصطفى جابر	اليهود الشرقيون في إسرائيل: جدل الضحية والجلاد
93.	هاني أحمد أبوقديس	استراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية
94.	محمد هشام خواجكية وأحمد حسين الرفاعي	القطاع الخاص العربي في ظل العولمة وعمليات الاندماج: التحديات والفرص
95.	ثامر كامل محمد ونبيل محمد سليم	العلاقات التركية - الأمريكية والشرق الأوسط في عالم ما بعد الحرب الباردة
96.	مصطفى عبدالعزيز مرسي	الأهمية النسبية لخصوصية مجلس التعاون لدول الخليج العربية

97.	علي مجيد الحمادي	الجهود الإنمائية العربية وبعض تحديات المستقبل
98.	آرشاك بولاديان	مسألة أصل الأكراد في المصادر العربية
99.	خليل إبراهيم الطيار	الصراع بين العلمانية والإسلام في تركيا
100.	جهاد حرب عودة	المجلس التشريعي الفلسطيني للمرحلة الانتقالية: نحو تأسيس حياة برلمانية
101.	محمد علي داهش ورواء زكي يونس	اتحاد المغرب العربي ومشكلة الأمن الغذائي: الواقع ومتطلبات المستقبل
102.	عبدالله المجيدل	حقوق الطفل الاجتماعية والتربوية: دراسة ميدانية في سوريا
103.	حسام الدين ربيع الإمام	البنك الدولي والأزمة المائية في الشرق الأوسط
104.	شريف طلعت السعيد	مسار التجربة الحزبية في مصر (1974 - 1995)
105.	علي عباس مراد	مشكلات الأمن القومي: نموذج تحليلي مقترح
106.	عمار جفال	التنافس التركي - الإيراني في آسيا الوسطى والقوقاز
107.	فتحي درويش عشيبة	الثقافة الإسلامية للطفل والعولمة
108.	عدي قصيور	حماية حقوق المساهمين الأفراد في سوق أبوظبي للأوراق المالية
109.	عمر أحمد علي	جدار الفصل في فلسطين: فكرته ومراحله - آثاره - وضعه القانوني
110.	محمد خليل الموسى	التسويات السلمية المتعلقة بخلافة الدول وفقاً لأحكام القانون الدولي
111.	محمد فايز فرحات	مجلس التعاون لدول الخليج العربية وعملية التكامل في منطقة المحيط الهندي: نحو سياسة خليجية جديدة

169. سيد أحمد قوجيلي	تطور الدراسات الأمنية ومعضلة التطبيق في العالم العربي
170. عطا محمد زهرة	يهودية إسرائيل: رؤية مستقبلية
171. وليد بن نايف السديري	العقلانية في سلوك التصويت الانتخابي
172. خالد حامد شنيكات	المنظمات غير الحكومية والسياسة العالمية: دراسة في الأبعاد التمويلية
173. عمار محمد سلو العبادي	تقنيات استكشاف النفط والغاز وعوائدها الاقتصادية في منطقة الخليج العربي

قواعد النشر

أولاً: القواعد العامة

1. تقبل البحوث ذات الصلة بالدراسات الاستراتيجية، وباللغة العربية فقط.

2. يشترط ألا يكون البحث قد سبق نشره، أو قدم للنشر في جهات أخرى.

3. يراعى في البحث اعتماد الأصول العلمية والمنهجية المتعارف عليها في كتابة البحوث الأكاديمية.

4. يتعين ألا يزيد عدد صفحات البحث على 40 صفحة مطبوعة (A4)، بما في ذلك الهوامش، والمراجع، والملاحق.

5. يقدم البحث مطبوعاً بعد مراجعته من الأخطاء الطباعية في نسخة ورقية واحدة أو عبر البريد الإلكتروني.

6. يرفق الباحث بياناً موجزاً بسيرته العلمية، وعنوانه بالتفصيل، ورقمي الهاتف والفاكس (إن وجد)، وعنوان بريده الإلكتروني.

7. على الباحث أن يقدم موافقة الجهة التي قدمت له دعماً مالياً، أو مساعدة علمية (إن وجدت).

8. تكتب الهوامش بأرقام متسلسلة، وتوضع في نهاية البحث.

9. توضع الجداول والرسوم البيانية في متن البحث حسب السياق، ويتم تحديد مصادرها أسفلها.

10. تقوم هيئة التحرير بمراجعة البحث، وتعديل المصطلحات بالشكل الذي لا يخل بمحتوى البحث أو مضمونه.

11. يراعى عند كتابة الهوامش توافر البيانات التوثيقية التالية جميعها وبالترتيب نفسه: الكتب: المؤلف، عنوان الكتاب (مكان النشر: دار النشر، سنة النشر)، الصفحة. الدوريات: المؤلف، «عنوان البحث»، اسم الدورية، العدد (مكان النشر: تاريخ النشر)، الصفحة.

12. يقدم المركز لمؤلف البحث المجاز نشره مكافأة مالية قدرها 3000 دولار أمريكي و10 نسخ كإهداء من البحث عند الانتهاء من طباعته بشكله النهائي.

ثانياً: إجراءات النشر

1. ترسل البحوث والدراسات باسم رئيس تحرير **دراسات استراتيجية**.

2. يتم إخطار الباحث بما يفيد وصول بحثه خلال شهر من تاريخ التسلم.

3. إذا حاز البحث الموافقة الأولية لهيئة التحرير، ترسل اتفاقية النشر الخاصة بالسلسلة إلى الباحث لتوقيعها، كي يرسل البحث للتحكيم الخارجي.

4. يرسل البحث إلى محكمَين من ذوي الاختصاص في مجال البحث.

5. يخطر الباحث بقرار صلاحية البحث للنشر من عدمه خلال ثلاثة أشهر على الأكثر من تاريخ تسلم اتفاقية النشر من الباحث.

6. في حالة ورود ملاحظات من المحكمين، ترسل الملاحظات إلى الباحث لإجراء التعديلات اللازمة، على أن تعاد خلال مدة أقصاها شهران.

7. تصبح البحوث والدراسات المنشورة ملكاً لمركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، ولا يحق للباحث إعادة نشرها في مكان آخر دون الحصول على موافقة كتابية من المركز.

8. المركز غير مسؤول عن إرجاع البحوث التي يتقرر الاعتذار عن عدم نشرها ضمن السلسلة، كما أنه غير ملزم بإبداء أسباب عدم النشر.

قسيمة اشتراك في سلسلة

دراسات استراتيجية

الاسم : ....

المؤسسة : ....

العنوان : ....

ص. ب : .... المدينة : ....

الرمز البريدي : ....

الدولة : ....

هاتف : .... فاكس : ....

البريد الإلكتروني : ....

بدء الاشتراك: (من العدد: .... إلى العدد : ....)

رسوم الاشتراك*

للأفراد:	220 درهماً	60 دولاراً أمريكياً
للمؤسسات:	440 درهماً	120 دولاراً أمريكياً

- ☐ للاشتراك من داخل الدولة يقبل الدفع النقدي، والشيكات، والحوالات النقدية.
- ☐ للاشتراك من خارج الدولة تقبل فقط الحوالات المصرفية، مع تحمل المشترك تكاليف التحويل.
- ☐ في حالة الحوالة المصرفية، يرجى تحويل قيمة الاشتراك إلى حساب مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية رقم 1950050565 - بنك أبوظبي الوطني - فرع الخالدية، ص. ب: 46175 أبوظبي ـ دولة الإمارات العربية المتحدة.
- ☐ يمكن الاشتراك عبر موقعنا على الإنترنت (www.ecssr.ae) باستعمال بطاقتي الائتمان Visa وMaster Card.

لمزيد من المعلومات حول آلية الاشتراك يرجى الاتصال:

قسم التوزيع والمعارض

ص.ب: 4567 أبوظبي ـ دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: 4044445 (9712) فاكس: 4044443 (9712)

البريد الإلكتروني: books@ecssr.ae

الموقع على الإنترنت: http://www.ecssr.ae

* تشمل رسوم الاشتراك الرسوم البريدية، وتغطي تكلفة اثني عشر عدداً من تاريخ بدء الاشتراك.

ISSN 1682-1203

ISBN 978-9948-14-595-0



Bibliotheca Alexandrina
1219728
72
6





ص.ب: 4567 - أبوظبي - إ.ع.م. - هاتف: 4044541 -2-971 - فاكس: 4044542 -2-971 - E-mail: pubdis@ecssr.ae